institutos lactec
INOVADORES POR NATUREZA

Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce

Atualização Linha-Base Ambientes Terrestres e Atmosfera

Institutos Lactec
Curitiba – Paraná – Brasil
Junho/2019

institutos lactec
INOVADORES POR NATUREZA

Diagnóstico socioambiental dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão na bacia do rio Doce

Atualização Linha-Base Ambientes Terrestres e Atmosfera

Institutos Lactec
Curitiba – Paraná – Brasil
Junho/2019

Documento:	Atualização Linha-Base – Ambientes Terrestres e Atmosfera
Considerações Gerais:	Este documento refere-se à atualização do relatório de linha-base até outubro de 2018, quanto aos ambientes terrestres e atmosfera, parte integrante do Diagnóstico Socioambiental dos Danos Decorrentes do Rompimento da Barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce e Região Costeira Adjacente, o qual apresenta a caracterização dos ambientes antes do desastre.
Contrato:	**4500173758 – Samarco/Lactec**
Solicitante:	**Empresa:** Ministério Público Federal Procuradoria da República em Minas Gerais
	Endereço: Av. Brasil, 1877
	Bairro: Bairro Funcionários
	Cidade: Belo Horizonte/MG
	CEP: CEP 30140-007
	A/C: Dr. José Adercio Leite Sampaio
	E-mail: joseadercio@mpf.mp.br
Executante:	Institutos Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 | Jardim das Américas Caixa Postal 19067 | CEP 81531-980 | Curitiba – PR – BR e-mail: leonardo.bastos@lactec.org.br Divisão de Meio Ambiente T + 55 (41) 3361-6882

Autoria:

Equipe Técnica dos Institutos Lactec

Emitido por:

_____

Leonardo Pussieldi Bastos, M. Sc.
Biólogo / CRBio 28808-07D
Meio Ambiente

Aprovado por:

_____

Tânia Lucia Graf de Miranda, D. Sc.
Engenheira Agrônoma / CREA RS 069105/D
Gerente de Serviços Tecnológicos e Inovação

_____

Luiz Alkimin de Lacerda, D. Sc.
Engenheiro Civil / CREA PR 155674/D
Gerente de Pesquisa e Inovação

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

PRESIDÊNCIA		
Luiz Fernando Vianna	Diretor-Presidente	
DIRETORIA		
Lauro Elias Neto	Diretor de Operações Tecnológicas	
Hélio Padilha	Diretor de Desenvolvimento Tecnológico	
Luiz Fernando Vianna	Diretor Administrativo-Financeiro	
GERÊNCIA DE SEGMENTO		
André Ricardo Capra	MSc., Engenheiro Mecânico	Ensaios e Análises Laboratoriais
Luiz Alkimin de Lacerda	DSc., Engenheiro Civil	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
Tania Lucia Graf de Miranda	DSc., Engenheira Agrônoma	Serviços Tecnológicos e Inovação
GERÊNCIA DE ÁREA		
Betina Lepretti Medeiros	MSc., Engenheira Civil	Estruturas Civis
Fabiano Scheer Hainosz	MSc. Engenheiro Cartógrafo	Geossoluções
Guilherme Cunha da Silva	DSc., Engenheiro Eletricista	Materiais
Leandro Zem	Administrador de Empresas	Escritório de Projetos
Jefferson Arndt	Esp., Analista de Sistemas	Inteligência de Negócios
Rodrigo Soares Ferreira	MSc., Químico	Análises Químicas
Rosana de Fátima Colaço Gibertoni	MSc., Engenheira Civil	Meio Ambiente
EQUIPE TÉCNICA		
COORDENAÇÃO DO PROJETO		
Leonardo Pussieldi Bastos	MSc., Biólogo	Coordenação Geral
Luiz Alkimin de Lacerda	DSc., Engenheiro Civil	Coordenação Técnica
Tania Lucia Graf de Miranda	DSc., Engenheira Agrônoma	Coordenação Técnica
Gleiciane Fernanda de Carvalho Blanc	MSc., Engenheira Ambiental	Coordenação Executiva
GESTÃO E ACOMPANHAMENTO		
Franciele Dãobroski	Esp., Eng. Eletricista	Analista de Projeto
Guilherme de Poli	Administrador de Empresas	Analista de Projeto
EQUIPE EXECUTORA		
Ana Paula Zampieri da Silva	Téc. em Geoprocessamento	Geoprocessamento
Cesar João Andreazza	Analista de Sistemas	Geoprocessamento
Danielle Drago	Engenheira Cartógrafa	Geoprocessamento
Edson Haruo Yoshizumi	Téc. em Geoprocessamento	Geoprocessamento
Lázaro Filipe de Souza	Geógrafo	Geoprocessamento
Maricler Toigo	Esp., Analista de Sistemas	Geoprocessamento

Peterson da Silva Beherend	Técnico em Geoprocessamento	Geoprocessamento
Yuri Arnold Gruber	Engenheiro Civil	Geoprocessamento
Karime Dawidziak Piazzetta	MSc., Processos Ambientais	Qualidade do Ar
Luis Eduardo Soares Mayer	Geógrafo	Qualidade do Ar
Alika Solange Ferraro Pires	MSc., Engenheira Química	Saneamento
Bruna Pereira de Souza	MSc., Engenheira Ambiental	Saneamento e Fontes de Poluição
Ellen Christine Prestes Ferronato	Esp., Engenheira Ambiental	Saneamento
Thiago Carvalho de Mello	MSc., Engenheiro Químico	Fontes de Poluição
Betina Lepretti Medeiros	MSc., Engenheira Civil	Caracterização do rejeito
Bruno Endo Ribeiro	Engenheiro Civil	Caracterização do rejeito
Kleber Franke Portella	Dr., Químico	Caracterização do rejeito
Mariana D´Orey Gaivão Portella Bragança	Dra., Engenheira Ambiental	Caracterização do rejeito
Joubert Weigert Favaro	Engenheiro Ambiental	Geotecnia e Caracterização do Rejeito
José Henrique Ferronato Pretto	M.Sc., Engenheiro Civil	Geotecnia e Caracterização do Rejeito
Marcelo Buras	M.Sc., Engenheiro Civil	Geotecnia e Caracterização do Rejeito
Rodrigo Moraes da Silveira	Dr., Engenheiro Civil	Geotecnia e Caracterização do Rejeito
Antônio Carlos Vargas Motta	Dr., Engenheiro Agrônomo	Solos
Araína Hulmann Batista	Dra., Engenheira Agrônoma	Solos
Bernardo Lipski	MSc., Engenheiro Agrônomo	Solos
Letícia de Pierri	Dra., Engenheira Agrônoma	Solos
Fernando Mainardi Fan	Dr., Engenheiro Ambiental	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Hugo de Oliveira Fagundes	M.Sc., Engenheiro Ambiental	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Irani dos Santos	Dr., Geógrafo	Hidrologia e Hidrossedimentologia
João Batista Dias de Paiva	Dr., Engenheiro Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia
João Paulo Jankowski Saboia	M.Sc., Engenheiro Ambiental	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Julio Werner Yoshioka Bernardo	M.Sc., Engenheiro Ambiental	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Rodrigo Cauduro Dias de Paiva	Dr., Engenheiro Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia

Rosana de Fátima Colaço Gibertoni	M.Sc., Engenheira Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Rubem Luiz Daru	D.Sc., Engenheiro Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Tobias Bernward Bleninger	Dr., Engenheiro Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Gheysa do Rocio Morais Pires	M.Sc., Química Ambiental	Qualidade dos Sedimentos
Isabella Françoso Rebutini Figueira	Dra., Geóloga	Geologia, Qualidade dos Sedimentos e Caracterização do Rejeito
Ernesto Goldfarb Figueira	MSc., Geólogo	Águas subterrâneas, geologia, Espeleologia, Qualidade dos Sedimentos, Solos e Caracterização do Rejeito.
Leoardo Evangelista Lagoeiro	Dr., Geólogo	Geologia e Caracterização do Rejeito
André Virmond Lima Bittencourt	Dr., Engenheiro Químico	Águas Subterrâneas
Ana Carolina Canossa Becker	Engenheira Civil	Águas Superficiais Fluviais
Ana Carolina Wosiack	MSc., Bióloga	Águas Superficiais Fluviais
Marianne Schaefer França Sieciechowicz	MSc., Engenheira Ambiental	Águas Superficiais Fluviais
Nicole Machuca Brassac de Arruda	Dra., Bióloga	Águas Superficiais Fluviais
Alexandre Brandelli	MSc., Oceanólogo	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Emilio Marcelo Dolichney	BSc., Oceanógrafo	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Fernando Luiz Diehl	MSc., Oceanógrafo	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Josiane Rovedder	MSc., Bióloga	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Luciano Hermanns	Dr., Oceanólogo	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Ludmilla Dias Vincula Veado	Msc., Oceanógrafa	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras e Zooplâncton
Rafaela Michels da Silveira	MSc., Oceanógrafa	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Susan da Silva	Tecnóloga em Gestão Ambiental	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Tomaz Bohrer Brentano	Engenheiro Ambiental	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Priscila Izabel Tremarin	Dra., Bióloga	Fitoplâncton, Águas Superficiais Fluviais, Estuarinas e Costeiras
Patrícia Dammski Borges de Andrade	MSc., Bióloga	Águas Superficiais Fluviais, Zooplâncton e Cetáceos
Camila Ghilardi Cardoso Fontanella	M.Sc., Bióloga	Macroinvertebrados Aquáticos e Quelônios
Rosemary Aparecida Brogim	Dra., Bióloga	Bentos de Fundo Inconsolidados
Fernando Camargo da Silva	Esp., Engenheiro Florestal	Flora

Juliano José da Silva Santos	MSc., Biólogo	Flora e Espeleologia
Marcelo Alejandro Villegas Vallejos	MSc., Biólogo	Fauna Silvestre
Robson Odeli Espíndola Hack	Esp., Biólogo	Fauna Silvestre e Áreas de Conservação
Luiz Eduardo Macedo Reis	Dr., Biólogo	Entomofauna
Rafael Lucchesi Balestrin	Dr., Biólogo	Herpetofauna Terrestre
Fabrício Locatelli Trein	Esp., Biólogo	Quelônios
Letícia de Paulo Koproski	Dra., Médica Veterinária	Quelônios
Lucas Reinert Laufer Pereira Mendes	Biólogo	Quelônios
Matheus Ferreira de Souza	Médico Veterinário	Quelônios
Raphael Eduardo Fernandes Santos	Esp., Biólogo	Avifauna
Andressa Gatti	Dra., Bióloga	Mastofauna Terrestre
Daniel da Silva Ferraz	Dr., Biólogo	Mastofauna Terrestre
João Eduardo Cavalcanti Brito	MSc., Biólogo	Mastofauna Terrestre
Michel Barros Faria	Dr., Biólogo	Mastofauna Terrestre
Paulo Rogerio Mangini	Dr., Médico Veterinário	Mastofauna Terrestre
Matheus Oliveira Freitas	Dr., Biólogo	Ictiofauna e Pesca
Maurício Belézia de Oliveira	Esp., Biólogo	Ictiofauna e Pesca
Vinícius Abilhoa	Dr., Biólogo	Ictiofauna e Pesca, Bentos de Fundo Consolidados
Leonardo Liberali Wedekin	Dr., Biólogo	Cetáceos
Samira Costa da Silva	MSc., Médica Veterinária	Cetáceos
Luciana Rodrigues de Souza Bastos	Dra., Bióloga	Ecotoxicologia
ESTAGIÁRIOS		
Nayara Caroline Majewski Ulbrich	Agronomia	Solos
Alcides Conte Neto	Estatística	Solos, Águas Superficiais Fluviais, Qualidade de Água e Qualidade de Sedimentos
Angel Aparecida Maia	Geologia	Qualidade dos Sedimentos
Jéssica Cristina Lozovei	Geografia	Qualidade dos Sedimentos
Andressa Muraro	Engenharia Cartográfica	Geoprocessamento

Eliana Vieira de Freitas	Engenharia Cartográfica	Geoprocessamento
Matheus de Andrade Machado	Engenharia Cartográfica	Geoprocessamento
Nilo Kruschelski	Engenharia Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia
João Marcos Carvalho	Engenharia Civil	Hidrologia e Hidrossedimentologia
Luiz Guilherme Tatsch Henriqui	Engenharia Ambiental	Ecotoxicologia
Priscila Brum de Camargo	Engenharia Sanitária e Ambiental	Águas Superficiais Estuarinas e Costeiras
Camila da Silva Moreira	Engenharia Química	Saneamento
Karin Thays Ferreira Gomes	Engenharia Química	Saneamento
Esther Dyck	Engenharia Civil	Geotecnia
Natália Nadolny Ungaratti	Engenharia Ambiental	Águas Superficiais Fluviais
Eduardo Miguel Zanette Correia	Ciências Biológicas	Cetáceos
Jaqueline Schmidt	Ciências Biológicas	Zooplâncton
Isabela Martins Hoff Grando	Ciências Biológicas	Zooplâncton
Karina Macagnam	Engenharia Química	Indústrias
Renan José Alberton Disner	Engenharia Ambiental	Indústrias

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Formações vegetais da Mata Atlântica, segundo o mapa fitogeográfico digitalizado do IBGE (1993), escala 1:5.000.000.....21

Figura 2 – Diagrama representando os principais temas abordados neste relatório. 22

Figura 3 – Serviços ecossistêmicos fornecidos pelo solo e suas inter-relações. 25

Figura 4 – Participação dos elementos da biodiversidade, entre eles a fauna, nos processos e serviços ecossistêmicos.....28

Figura 5 – Articulações e mapas geológicos utilizados na caracterização litoestratigráfica. 31

Figura 6 – Mapa hipsométrico realizado a partir de modelo SRTM 30 m. 32

Figura 7 – Imagem do mapa geológico representativo da área de estudo – que engloba desde o Quadrilátero Ferrífero, a oeste, até a foz do rio Doce, a leste. 35

Figura 8 – Perfil geológico esquemático do rio Doce e afluentes desde a barragem de Fundão em Minas Gerais até Regência no Espírito Santo, com as principais unidades litoestratigráficas e estruturas associadas. A esse perfil foram associados os compartimentos geomorfológicos atribuídos para esse trabalho. 39

Figura 9 – Mapa estrutural da bacia do rio Doce. 41

Figura 10 – Mapa dos domínios geotectônicos com destaque para a região aproximada da bacia do rio Doce.....42

Figura 11 – Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, na escala 1:25.000. 44

Figura 12 – Coluna estratigráfica proposta para o Quadrilátero Ferrífero. 46

Figura 13 – Imagem do mapa estrutural e estratigráfico do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. Em destaque, encontram-se a região e as adjacências da mina da Samarco. 47

Figura 14 – Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero na escala 1:25.000, com destaque em vermelho à área referente à barragem de Fundão. 52

Figura 15 – Itabiritos da frente de lavra da mina Alegria Sul – Samarco. 53

Figura 16 – Filitos sericíticos, crenulados e com foliação marcante.....53

Figura 17 – Difratograma do itabirito da rocha da mina da Alegria Sul. 54

Figura 18 – Análise da amostra de rocha coletada na frente de lavra da mina Alegria Sul, com identificação das fases mineralógicas principais por EBSD. 54

Figura 19 – Difratograma do itabirito da rocha da mina da Alegria Norte.....55

Figura 20 – Fotomicrografias de itabirito da mina Alegria Norte com aumento de: A) 150x, B) 400x e C) 1.200x.....56

Figura 21 – Itabirito aflorante em porção da frente de lavra da mina Alegria Norte.....56

Figura 22 – Vista geral da lavra da mina Alegria Norte. 57

Figura 23 – A) Afloramento de quartzito ferruginoso com bandamento marcante e B) Dobras mapeadas no quartzito. 57

Figura 24 – Afloramento de canga nas proximidades da mina da Timbopeba. A) Crostas lateríticas; B) Afloramento de canga em drenagens e C) Afloramento de canga na região mapeada. 58

Figura 25 – A) Mina de manganês situada na região da mina da Timbopeba e B) Estrutura da antiga planta da mina. 58

Figura 26 – Relevo, drenagens e vegetação característica de solos poucos espessos provenientes de terrenos com presença de canga na Serra do Gandarela e feições resultantes das dobras do sinclinal. 59

Figura 27 – Feições morfoesculturais e morfoestruturais da Serra do Gandarela. Detalhe para a drenagem que é a nascente do rio Piracicaba. 60

Figura 28 – Serra do Caraça ou Catas Altas, com relevo acidentado, condicionado por estruturas geológicas e rochas resistentes ao intemperismo – compartimento geomorfológico das serras e bordas. 60

Figura 29 – Vista geral da Serra do Caraça – compartimento geomorfológico das serras e bordas. ... 61

Figura 30 – Compartimentações geomorfológicas realizadas com base no mapa geomorfológico da bacia do rio Doce. 62

Figura 31 – Mapa geológico, em escala 1:250.000, com a localização dos pontos de coleta de rocha. 67

Figura 32 – Ponto de coleta de amostra de rocha – afloramento de canga laterítica. 67

Figura 33 – Aspecto geral dos afloramentos onde foram coletadas amostras de rocha. 68

Figura 34 – Configuração da Rede Sismográfica Brasileira – março de 2015. 70

Figura 35 – Registro de atividades sísmicas na bacia do rio Doce. 72

Figura 36 – Informações de ocorrências de sismos na bacia do rio Doce e dados estruturais. 73

Figura 37 – Localização das cavernas selecionadas para vistoria. 76

Figura 38 – Localização das cavidades/abrigos elencadas como atingidas pelo rejeito. 82

Figura 39 – Localização das cavidades/abrigos vistoriadas em campo e demais mapeadas pelo CECAV e Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico sobre imagem orbital World View 2, de 10/11/2015. 83

Figura 40 – Cavidade/abrigo sem identificação. 83

Figura 41 – A) e B) Vista geral da cavidade/abrigo CA-14 e C) Placa de identificação. 84

Figura 42 – Cavidade/abrigo CA-15. 85

Figura 43 – Cavidade/abrigo CA-16. 86

Figura 44 – Classificação de abrigos e cavidades conforme o desenvolvimento, IS nº 08/2017, sendo A = altura da entrada e PH = desenvolvimento. 86

Figura 45 – Comportamento da água subterrânea em um segmento de bacia hidrográfica com rio efluente. 88

Figura 46 – Interferências das outras esferas geoquímicas sobre a hidrosfera. 92

Figura 47 – Prisma de paisagem ilustrando um ambiente eluvial típico. 95

Figura 48 – Ilustração de um prisma de paisagem representando um ambiente aqual. 96

Figura 49 – Ilustração de um prisma de paisagem de um ambiente supra-aqual.....97

Figura 50 – Ilustração de ambientes geoquímicos em um perfil hipotético da porção média da bacia do rio Doce.....98

Figura 51 – Ilustração dos sistemas de fluxo que movimentam matéria por veiculação hídrica na bacia hidrográfica do rio Doce. 99

Figura 52 – Lineamentos estruturais na bacia do rio Doce e localização de poços registrados no SIAGAS até julho/2017.....102

Figura 53 – Mapa da distribuição dos domínios hidrogeológicos na bacia hidrográfica do rio Doce. 103

Figura 54 – Perfil hidrogeológico regional. 104

Figura 55 – Perfil geológico esquemático indicando os grandes domínios aquíferos da bacia do rio Doce, ao longo do curso da área de passagem e deposição da lama. 105

Figura 56 – Poços com cadastro no SIAGAS, situados na BHRD até setembro de 2017, com as respectivas vazões específicas. 106

Figura 57 – Intervalos de vazão registrados no SIAGAS para poços perfurados na BHRD. 109

Figura 58 – Mapa da vazão de produção de poços da BHRD registrados no SIAGAS/CPRM. 109

Figura 59 – Mapa da profundidade do nível estático dos poços relacionados no SIAGAS. 110

Figura 60 – Ilustração dos níveis estáticos de dois conjuntos de poços perfurados em aquíferos porosos na BHRD, sendo um na região de Ipatinga e outro na região de Linhares. 111

Figura 61 – Distribuição da condutividade da água de poços operantes na bacia do rio Doce, cadastrados no SIAGAS. 113

Figura 62 – Distribuição dos valores de ferro total da água de poços operantes na bacia do rio Doce, cadastrados no SIAGAS. 114

Figura 63 – Representação em diagrama trilinear, de dados secundários, das relações entre os cátions majoritários em amostras de água superficial e subterrânea na bacia do rio Gualaxo do Norte, em dois poços profundos e em uma água mineral da BRHD. 118

Figura 64 – Correlação das concentrações de ferro e manganês em água subterrânea de poços da BHRD. 120

Figura 65 – Correlação das concentrações de ferro e arsênio em água subterrânea de poços da BHRD. 121

Figura 66 – Diagramas triangulares associados representando o comportamento conjunto de Fe, Mn, Ni, As, Cd e Pb em pontos de água de Belo Oriente, Governador Valadares e Colatina. 123

Figura 67 – Distribuição da composição da água de poços na região de Linhares e de poços em Itueta, Resplendor e Tumiritinga, operados pela COPASA, em um diagrama de Durov modificado....126

Figura 68 – Situação de amostras de água da região de Linhares, Itueta, Resplendor e Tumiritinga, em um diagrama de Durov expandido. 127

Figura 69 – Diferenças entre o conceito de solo para as áreas de geotecnia e agronomia. 134

Figura 70 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de fertilidade.....146

Figura 71 – Análise de agrupamentos do banco de dados de fertilidade do solo para composição da linha-base. 147

Figura 72 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs). 148

Figura 73 – Análise de agrupamentos do banco de dados de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) no solo para composição da linha-base. 148

Figura 74 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de mineralogia. 149

Figura 75 – Análise de agrupamentos do banco de dados de mineralogia do solo para composição da linha-base. 150

Figura 76 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de física do solo. 151

Figura 77 – Análise de agrupamentos do banco de dados da física do solo para composição da linha-base. 151

Figura 78 – Localização dos pontos de fertilidade do solo que foram utilizados para a composição da linha-base. 153

Figura 79 – Localização dos pontos de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) no solo que foram utilizados para a composição da linha-base. 154

Figura 80 – Localização dos pontos de mineralogia do solo que foram utilizados para a composição da linha-base. 155

Figura 81 – Localização dos pontos de física do solo que foram utilizados para a composição da linha-base. 156

Figura 82 – Linha de base para os parâmetros da fertilidade do solo, respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem. 157

Figura 83 – Linha de base para os teores de EPTs (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sr, Sb, Se, V e Zn), respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem 164

Figura 84 – Linha de base para os parâmetros mineralógicos dos solos (SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3), respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem. 171

Figura 85 – Linha de base para os parâmetros físicos dos solos (areia grossa, areia fina, areia total, silte, argila, argila dispersa em água, densidade de partícula e grau de floculação), respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem. 173

Figura 86 – Representação esquemática dos pontos de amostragem dentro de cada transecto ou seção transversal, evidenciando a coleta de amostras na borda para compor a linha-base local de cada seção. 176

Figura 87 – Nomenclatura e denominação das seções transversais de solo. 176

Figura 88 – Localização das seções transversais executadas em campo. 177

Figura 89 – Esquema básico de análise pela geotecnia para avaliação da movimentação de massa, processos erosivos e fluxo subsuperficial. 179

Figura 90 – Área de interesse para linha-base – bacia do rio Doce. 181

Figura 91 – Localização dos pontos de investigação geotécnica dentro da bacia de Candonga. 182

Figura 92 – Perfil geológico-geotécnico típico da região dentro do QF e dentro de Candonga. 187

Figura 93 – Perfil geológico-geotécnico típico da região fora do QF e dentro de Candonga 188

Figura 94 – A área de estudo (em vermelho) está sob o Domínio Fitogeográfico da Mata Atlântica (em verde). 196

Figura 95 – Mapa de vegetação da bacia do rio Doce. 199

Figura 96 – Seis sub-regiões adotadas pelos autores para realização das análises dos dados. 200

Figura 97 – Diagrama da análise de ordenação na bacia do rio Doce. 201

Figura 98 – As formações florestais da Floresta Ombrófila Densa. 202

Figura 99 – Vista aérea da Reserva Biológica de Sooretama (acima) e interior da floresta (abaixo). 204

Figura 100 – Quatro formações da Floresta Estacional Semidecidual. 208

Figura 101 – Aspecto da Floresta Estacional Semidecidual do rio Doce em fazenda no município de Barra Longa. 215

Figura 102 – Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual do Rio Doce. 215

Figura 103 – Localização dos campos rupestres associados aos quartzitos próximo ao distrito de Bento Rodrigues e margens dos Córrego Ouro Fino, Córrego Santarém e do Rio Gualaxo do Norte, município de Mariana, Minas Gerais. 216

Figura 104 - Aspecto de vegetação rupestre associada aos quartzitos próximo às margens do Rio Gualaxo do Norte, município de Mariana, Minas Gerais. 216

Figura 105 – Aspecto de vegetação rupestre granito-gnáissica associada a inselbergs próximo à usina de Aimorés. 217

Figura 106 – Área de abrangência da fauna na bacia do rio Doce (polígono vermelho). 223

Figura 107 – Unidades de conservação terrestre inseridas na área de abrangência do estudo (parte 1). 241

Figura 108 – Unidades de conservação terrestre inseridas na área de abrangência do estudo (parte 2). 242

Figura 109 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade terrestres levantadas para a região do estudo. 255

Figura 110 – Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade em Minas Gerais inseridas na área de abrangência deste estudo. 260

Figura 111 – Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção. 262

Figura 112 – Registros de ocorrências de plantas ameaçadas de extinção na bacia do rio Doce, com destaque para as que ocorrem nas áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção. 263

Figura 113 – Reservas da biosfera e Corredor Central da Mata Atlântica levantadas na área de ocorrência do estudo. 269

Figura 114 – Origens e tipos de poluente do ar. 276

Figura 115 – Histórico do monitoramento da qualidade do ar em duas estações de monitoramento próximas ao Complexo Germano, instaladas nos distritos de Santa Rita Durão (Mariana) e Antônio Pereira (Ouro Preto) nos anos de 2012 a 2016 (janeiro a agosto). 288

Figura 116 – Visão geral das duas estações de monitoramento da qualidade do ar próximas ao Complexo Germano, instaladas nos distritos de Santa Rita Durão (Mariana) e Antônio Pereira (Ouro Preto). 289

Figura 117 – Análise de dendrograma para o banco de dados de fertilidade de solos com base nas variáveis pH em água, P, K, Ca, H+Al, SB, t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7), V%, m% e CO. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce. 338

Figura 118 – Análise de dendrograma para o banco de dados de metais no solo com base nas variáveis Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn e As. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce. 338

Figura 119 – Análise de dendrograma para o banco de dados da física do solo com base nas variáveis areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce. 339

Figura 120 – Análise de dendrograma para o banco de dados da mineralogia de solo com base nas variáveis SiO_2, Al_2O_3, Fe_20_3, TiO_2 e P_2O_5. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce. 339

Figura 121 – Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de fertilidade do solo. 340

Figura 123 - Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de física do solo. 349

Figura 124 - Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de mineralogia do solo. 352

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Funções do solo e serviços ecossistêmicos. 24

Tabela 2 – Resultados obtidos para a caracterização química elementar por FRX da rocha coletada na mina Alegria Sul, expressas na forma de óxidos. 54

Tabela 3 – Desníveis encontrados na região da Serra do Caraça e das principais localidades ao longo do curso do rio Doce e afluentes. 64

Tabela 4 – Itabiritos da Formação Cauê. 66

Tabela 5 – Resultados obtidos para a caracterização química por FRX da amostra 03. 67

Tabela 6 – Composição mineralógica das rochas coletadas 68

Tabela 7 – Frequência média anual de terremotos no planeta. 69

Tabela 8 – Magnitude na escala Richter e efeitos sentidos. 71

Tabela 9 – Cavernas selecionadas para vistoria. 77

Tabela 10 – Classificação das feições subterrâneas definidas pela CARSTE e Agroflor. 81

Tabela 11 – Faixas de condutividades hidráulicas para sedimentos inconsolidados. 89

Tabela 12 – Extrato do ANEXO I da Resolução nº 386 do CONAMA, para substâncias inorgânicas. 91

Tabela 13 – Número de poços da BHRD conforme intervalos de vazão específica. 107

Tabela 14 – Número de poços da BHRD conforme intervalos de vazão de produção. 107

Tabela 15 – Parâmetros hidrogeológicos médios e extremos calculados com base em informações contidas no SIAGAS, acessado em outubro de 2017 para poços perfurados na BHRD. 110

Tabela 16 – Número de poços da BHRD, conforme intervalos de condutividade elétrica. 112

Tabela 17 – Número de poços da BHRD, conforme intervalos de concentrações de ferro total. Fonte: SIAGAS acessado em 10/2017. 113

Tabela 18 – Poços com disponibilidade de perfil litológico e variáveis de qualidade de água, cadastrados no SIAGAS, localizados em uma faixa de 1.500 m ao longo da calha do rio Doce. 115

Tabela 19 – Variáveis de qualidade de água de poços registrados no SIAGAS, situados em faixa de 1.500 m do canal de drenagem do Rio Doce e afluentes. 116

Tabela 20 – Macroconstituintes iônicos encontrados na água de poços cadastrados no SIAGAS. 117

Tabela 21 – Datas de coletas de cada um dos pontos amostrados no solo. 177

Tabela 22 – Informações geotécnicas médias e perfis geológicos-geotécnicos obtidos a partir de ensaios de campo realizados nas áreas dentro do QF e dentro de Candonga. 185

Tabela 23 – Informações geotécnicas médias e perfis geológico-geotécnicos obtidos a partir de ensaios de campo realizados nas áreas fora do QF e dentro de Candonga. 186

Tabela 24 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de ensaios triaxiais consolidados drenados isotropicamente (CID). 189

Tabela 25 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de ensaios triaxiais consolidados não drenados isotropicamente (CIU). 190

Tabela 26 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de ensaios de cisalhamento direto. 190

Tabela 27 – Parâmetros obtidos a partir de ensaios de adensamento. 191

Tabela 28 – Parâmetros de coeficiente de adensamento cv (cm^2/s). 191

Tabela 29 – Parâmetros de coeficiente de permeabilidade k_v (cm/s). 191

Tabela 30 – Classes de vegetação nativa e antrópica ocorrentes da bacia do rio Doce. 199

Tabela 31 – Número de fontes de informação de cada grupo faunístico inserido na área de abrangência do estudo. 224

Tabela 32 – Lista das espécies de aves terrestres mais suscetíveis aos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG. 229

Tabela 33 – Lista das espécies de pequenos mamíferos e respectivos hábitos de vida que os tornam mais suscetíveis aos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG. 232

Tabela 34 – Unidades de conservação terrestres inseridas na área de abrangência do estudo. 240

Tabela 35 – Áreas prioritárias para conservação da flora no estado de Minas Gerais. 263

Tabela 36 – Áreas-chave para conservação de plantas raras brasileiras que ocorrem na área de estudo e a lista de espécies, com suas respectivas observações. 264

Tabela 37 – Principais poluentes indicadores da qualidade do ar, suas características, fontes principais e efeitos gerais ao meio ambiente. 277

Tabela 38 – Padrões nacionais de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990. 278

Tabela 39 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990. 279

Tabela 40 – Padrões de qualidade do ar estabelecidos nos estados de São Paulo e Espírito Santo para o material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros – $PM_{2,5}$. 280

Tabela 41 – Padrões de qualidade do ar adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). 280

Tabela 42 – Valores guias recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). 281

Tabela 43 – Valores de referência adotados pela União Europeia. 282

Tabela 44 – Classificação da qualidade do ar através do índice de qualidade do ar. 283

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20
1.1 Contextualização dos Ambientes Terrestres e Atmosfera 21
1.2 Importância dos Recursos Ambientais 24
2 SUBSOLO 30
2.1 Geologia 30
2.1.1 Área de abrangência 30
2.1.2 Metodologia 30
2.1.2.1 Mapeamentos geológicos 31
2.1.2.2 Compartimentação geomorfológica 32
2.1.2.3 Perfil longitudinal 33
2.1.2.4 Sismologia 33
2.1.2.5 MEV/EBSD 33
2.1.3 Resultados 34
2.1.3.1 Contexto geológico regional 34
2.1.3.2 Geologia estrutural 40
2.1.3.3 Geologia Local 43
2.1.3.4 Geomorfologia 59
2.1.3.5 Contexto geoquímico regional 64
2.1.3.6 Sismologia 68
2.2 Patrimônio Espeleológico 74
2.2.1 Legislações 74
2.2.2 Área de abrangência 76
2.2.3 Metodologia 78
2.2.4 Resultados 80
2.2.4.1 Contexto Espeleológico Regional 80
2.2.4.2 Histórico dos levantamentos espeleológicos na área 80
2.2.4.3 Visita espeleológica preliminar 81
2.3 Águas Subterrâneas 87
2.3.1 Conceitos 87
2.3.1.1 Valores de referência de qualidade de água subterrânea 90
2.3.1.2 Contexto geoambiental 92
2.3.1.3 Ambiente geoquímico 95
2.3.1.4 Fluxos de matéria na bacia 98
2.3.2 Área de abrangência 100

2.3.3 Metodologia 100
2.3.3.1 Caracterização hidrogeológica 100
2.3.3.2 Caracterização hidrogeoquímica 101
2.3.3.3 Vulnerabilidade e risco de contaminação dos aquíferos 101
2.3.4 Resultados 102
2.3.4.1 Contexto hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio Doce 102
2.3.4.2 Características hidroquímicas da água subterrânea na bacia hidrográfica do rio Doce 111
2.3.4.3 Vulnerabilidade e risco de contaminação de aquíferos 127
2.3.5 Abordagem metodológica para linha-base pós-desastre 129
2.4 Caracterização do Ambiente 130
3 AMBIENTE TERRESTRE 134
3.1 Solos 134
3.1.1 Conceitos 136
3.1.2 Área de abrangência 137
3.1.3 Metodologia 138
3.1.4 Resultados 144
3.1.4.1 Análise de agrupamentos para definir a formação de grupos em relação à localização na paisagem 144
3.1.4.2 Linhas de base por grupo de amostras em relação à posição geográfica e localização na paisagem 152
3.1.5 Abordagem metodológica para linha-base pós-desastre 175
3.2 Geotecnia 178
3.2.1 Conceitos 180
3.2.2 Área de abrangência 180
3.2.3 Metodologia 181
3.2.4 Resultados 182
3.2.5 Abordagem metodológica para linha-base pós-desastre 192
3.2.5.1 Avaliação do potencial de erosão hídrica em solos 192
3.2.5.2 Massa específica natural ou densidade aparente 192
3.2.5.3 Limites de consistência do solo 193
3.2.5.4 Dispersão do solo 193
3.2.5.5 Curva de retenção de água 193
3.3 Flora 194
3.3.1 Área de abrangência 194

3.3.2 Metodologia 194
3.3.2.1 Levantamento de dados secundários 194
3.3.3 Resultados 195
3.3.3.1 Domínio Fitogeográfico da Mata Atlântica 195
3.3.3.2 Histórico da ocupação na bacia do rio Doce e o desflorestamento 196
3.3.3.3 Tipologias Vegetacionais 200
3.3.4 Abordagem metodológica para linha-base pós-desastre 218
3.3.4.1 Inventário florestal e regeneração natural 218
3.3.4.2 Demais grupos biológicos 218
3.3.4.3 Resultados esperados 219
3.4 Fauna Silvestre 219
3.4.1 Área de abrangência 220
3.4.2 Metodologia 221
3.4.3 Resultados 223
3.4.3.1 Contextualização biogeográfica 225
3.4.3.2 Táxons mais suscetíveis aos danos 226
3.4.3.3 Situação basal da bacia 234
3.4.4 Abordagem metodológica para linha-base pós-desastre 235
3.5 Áreas para Conservação 237
3.5.1 Área de abrangência 239
3.5.2 Metodologia 239
3.5.3 Resultados 240
3.5.3.1 Unidades de conservação e áreas protegidas 240
3.5.3.2 Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade 251
3.5.3.3 Áreas prioritárias para conservação da flora 261
3.5.3.4 Corredor Central da Mata Atlântica 266
3.5.3.5 Reservas da biosfera 267
3.6 Caracterização do ambiente 270
4 ATMOSFERA 275
4.1 Qualidade do Ar 275
4.1.1 Conceitos 275
4.1.1.1 Legislação nacional 278
4.1.1.2 Legislação internacional 280
4.1.1.3 Índice de qualidade do ar 282
4.1.1.4 Material particulado 283

4.1.1.5 Material particulado: danos à saúde 284
4.1.1.6 Parâmetros meteorológicos 286
4.1.2 Área de abrangência 287
4.1.3 Metodologia 287
4.1.4 Resultados 287
4.1.5 Abordagem metodológica para linha-base pós-desastre 290
5 REFERÊNCIAS 292
APÊNDICES 321
Apêndice A - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DOS ESTADOS DE MINAS GERAIS, RIO DE JANEIRO E ESPÍRITO SANTO 321
Apêndice B - CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE 322
Apêndice C - DRX DAS AMOSTRAS DE ROCHA DA MINA ALEGRIA SUL E NORTE 323
Apêndice D - DRX DAS AMOSTRAS DE ROCHAS 328
Apêndice E - RESULTADOS DA ANÁLISE DE DENDROGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DOS GRUPOS 338
Apêndice F - RESULTADOS DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS – RELATÓRIO DO ARCGIS 340
Apêndice G – MAPA DA COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO DOCE 358
Apêndice H – LISTA DE ESPÉCIES DE FLORA 360
Apêndice I - DADOS DE BASE DOS GRUPOS ZOOLÓGICOS 399
Apêndice J – LISTAS DE ESPÉCIES DOS GRUPOS FAUNÍSTICOS 469
ANEXOS 515
ANEXO A - CERTIFICADO DE ANÁLISE DE DRX DA ROCHA DA MINA ALEGRIA SUL 515
ANEXO B - CERTIFICADO DE ANÁLISE DE FRX 518
ANEXO C - CERTIFICADO DE ANÁLISE DE DRX DA ROCHA DA MINA ALEGRIA NORTE 521

1 INTRODUÇÃO

Este relatório refere-se à caracterização de linha-base dos ambientes terrestres e atmosfera e tem como objetivo apresentar dados primários e secundários oriundos de revisões bibliográficas e levantamentos preexistentes dos ambientes antes do rompimento da barragem de Fundão.

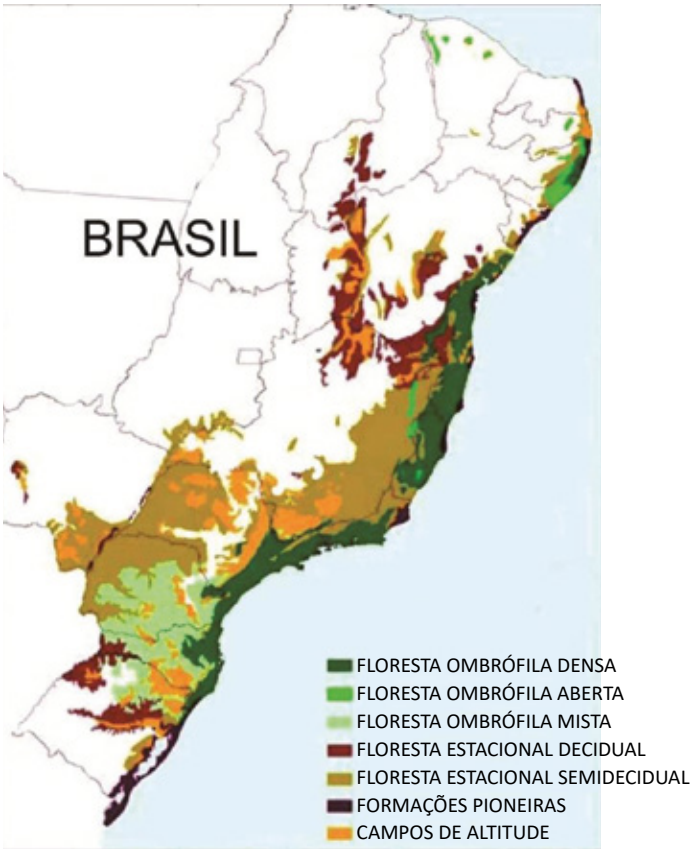
O relatório inicialmente define os ambientes e compartimentos analisados e os relaciona aos respectivos serviços ecossistêmicos. Posteriormente, são apresentadas as áreas de abrangência, as metodologias e os resultados inerentes a cada tema. Por fim, são analisadas as características de cada tema em conjunto, culminando na caracterização dos ambientes.

Em termos biogeográficos, a área objeto do estudo encontra-se inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica. Esse domínio, ou Bioma Mata Atlântica, abriga parcela significativa da diversidade biológica do Brasil, com elevada riqueza e muitos endemismos (MMA, 2000; BENCKE et al., 2006). Esse domínio engloba diversas formações florestais nativas e ecossistemas associados, como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Campos de Altitude e áreas de Formações Pioneiras (manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais) (Figura 1). Segundo estudo coordenado pela *Conservation International* sobre os 25 *hotspots* mundiais de diversidade biológica, a Mata Atlântica está entre as cinco regiões com maiores índices de endemismo de plantas vasculares e vertebrados. Anfíbios, répteis, aves e mamíferos que ocorrem nesse bioma somam 1.810 espécies, das quais 389 são endêmicas (MMA, 2000).

A Mata Atlântica foi o primeiro bioma brasileiro a ser sistematicamente modificado a partir da colonização europeia. Originalmente com aproximadamente 1.000.000 km^2, a Mata Atlântica recobria toda a costa brasileira, estendendo-se entre o Rio Grande do Norte e o Rio Grande do Sul, ou cerca de 12% do território nacional (LINO, 1992). Atualmente, áreas florestadas contínuas desse bioma são escassas e a maior parte da vegetação nativa é encontrada em fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais, usualmente pequenos e sujeitos a variados níveis de perturbação antrópica (DEAN, 1996). Atividades como a expansão urbana, supressão da vegetação nativa e atividades agropastoris em grande escala, somadas a diferentes tipos de poluição do solo e da água, entre outros fatores, levaram à descaracterização dos ambientes naturais em grande parte da Mata Atlântica, com a consequente perda de biodiversidade (DEAN, 1996; SILVA; CASTELETTI, 2005; YOUNG, 2005; CAMPOS, 2006). Dentro desse contexto, a Mata Atlântica é considerada um dos biomas mais ameaçados do planeta (MMA, 2000), sendo a formação Floresta Neotropical mais severamente alterada (EMMONS, 1990; MENEZES, 1996; ALEIXO, 2001) e uma das três prioridades internacionais em conservação de biodiversidade (FONSECA et al., 1994).

A manutenção dos remanescentes da Mata Atlântica é de extrema importância para inúmeras espécies da fauna, devido ao pequeno tamanho geográfico da distribuição de alguns táxons, ao alto grau de endemismo e à grande fragmentação dos *habitats* nativos, isolando populações outrora contínuas.

Figura 1 – Formações vegetais da Mata Atlântica, segundo o mapa fitogeográfico digitalizado do IBGE (1993), escala 1:5.000.000.



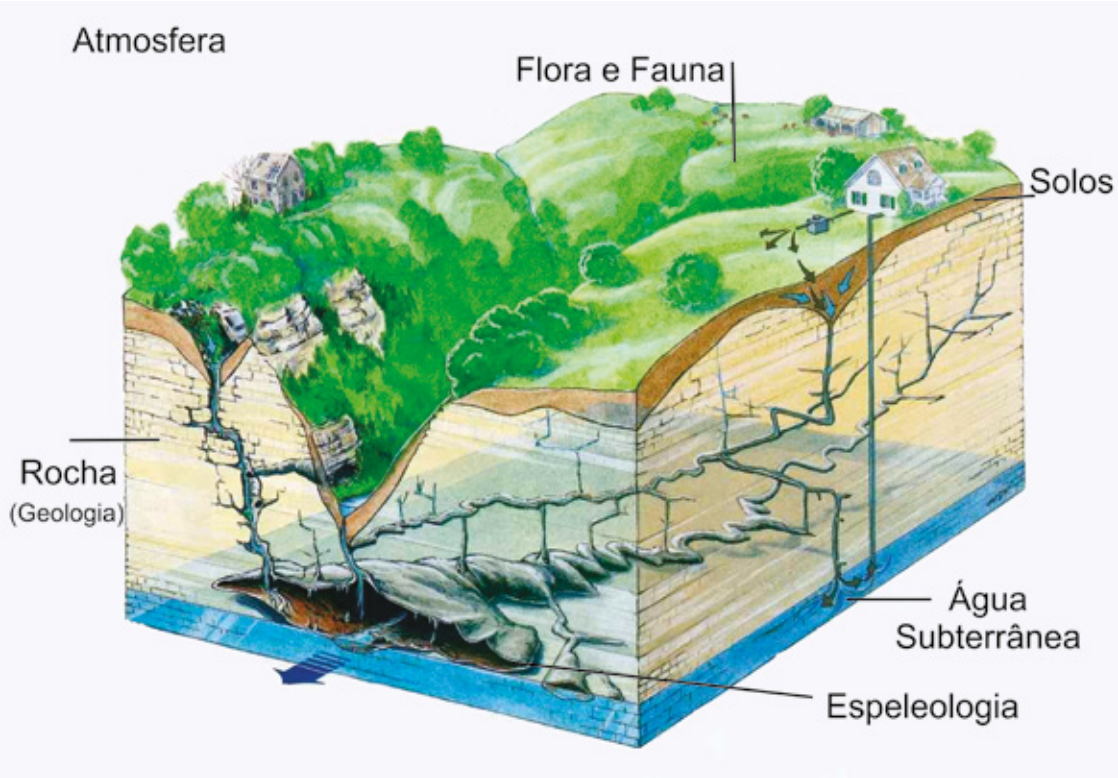
Fonte: IBGE, 1993 *apud* RBMA, 2018.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS AMBIENTES TERRESTRES E ATMOSFERA

Esse ambiente engloba vários ecossistemas e, consequentemente, elevada biodiversidade que podem ter sido afetados pela passagem e deposição da lama de rejeitos. São ecossistemas que abrangem o subsolo, tratado pelos grupos temáticos de geologia, espeleologia e águas subterrâneas; a superfície terrestre, com os solos, a flora, a fauna e as áreas para conservação; e a atmosfera, abordada em tópico próprio.

Cada uma das subáreas abordadas nesse ambiente apresenta suas definições e características, bem como sua importância no contexto de serviços ecossistêmicos. O modelo apresentado na Figura 2 procura sintetizar cada um dos temas abordados neste volume, tornando implícitas as correlações entre eles.

Figura 2 – Diagrama representando os principais temas abordados neste relatório.



Fonte: Modificado de Mostateparks (2018).

Os estudos relacionados ao subsolo, no que diz respeito à origem, à composição e às suas transformações, baseiam-se, sobretudo, na geologia. As constantes transformações da Terra produzem materiais que têm influência direta ou indireta sobre todos os ecossistemas e, consequentemente, sobre a manutenção da vida e das atividades humanas, dado que são utilizados economicamente diversos recursos geológicos do planeta, incluindo recursos energéticos e minerais, água e alimentos.

Considerando que a água é o elemento fundamental para promover os processos físicos, biológicos e químicos que geram, sustentam e garantem a vida na Terra e que parte significante dessa água é controlada e armazenada no subsolo, nas águas subterrâneas, é de suma importância a caracterização desse ambiente e dos fenômenos associados para compreender os processos de transformação dos demais ecossistemas.

Além da geologia e da hidrogeologia, no ambiente subsolo são abordados também aspectos sobre o patrimônio espeleológico, ou seja, aquele referente às cavidades naturais em rochas. Esses ambientes se destacam como sítios naturais e culturais de registros paleontológicos, paleoambientais, arqueológicos e antropológicos, além de abrigarem ecossistemas e seres vivos com singular diversidade e endemismo.

Na superfície do ambiente terrestre encontra-se o solo, que é o produto resultante da ação de fatores ambientais ativos, como o clima e os organismos, sobre um material de origem (geralmente rocha), em uma determinada paisagem ou relevo, durante certo período de tempo. Portanto, os fatores clima, relevo, material de origem, tempo e organismos (chamados fatores de formação do solo) irão originar seu corpo físico, que posteriormente se desenvolverá em maior ou menor intensidade no

meio ambiente devido à ação do intemperismo (conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que atuam sobre as rochas, desintegrando-as e decompondo-as, propiciando a formação do perfil do solo), a partir de processos de adições, perdas, transformações e transporte, ou seja, dos chamados processos pedogenéticos (LIMA; LIMA, 2007; OLIVEIRA, 2005). É fundamental o conhecimento dos diferentes tipos de solo, de seus teores intrínsecos de nutrientes (fertilidade), características químicas, físicas e biológicas, e principalmente da (possível) existência natural de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs). Alterações da condição natural do solo podem propiciar sua desestruturação, acarretando o aumento dos processos erosivos e de transporte de sedimentos para os corpos hídricos, além da possibilidade de contaminação ambiental do próprio meio, a vegetação e a água.

Quanto à cobertura vegetacional da bacia do rio Doce, esta é originalmente coberta por formações florestais e campestres do domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, embora haja influência do domínio do Cerrado em determinadas regiões. Os remanescentes atuais de vegetação, compondo um cenário altamente fragmentado, são reflexo de vários ciclos econômicos de exploração imediatista da bacia ao longo do tempo. Dessa forma, as áreas florestais se apresentam de fundamental importância para a conservação da biodiversidade e manutenção dos serviços ecossistêmicos da região. O estudo da vegetação constitui item fundamental na diagnose do estado de conservação da flora e fauna.

Com relação ao componente fauna, no presente volume este é compreendido e analisado como parte da biodiversidade terrestre, constituindo todo o conjunto de animais que habitam esses ecossistemas. Os elementos faunísticos são peça fundamental desses sistemas, atuando como principais atores em diversos processos ecossistêmicos, como na ciclagem de nutrientes, nos fluxos de energia e na estruturação física dos ambientes que habitam. Nesse sentido, por exemplo, a fauna é uma das mais poderosas mediadoras da dinâmica de nutrientes e energia, pela obtenção de itens alimentar e sua dispersão – transformando-os e disponibilizando outros conjuntos de elementos – após sua digestão. Nesse processo, ainda, alteram a configuração espacial da vegetação, solos e, até mesmo, da atmosfera, fornecendo ainda mais complexidade aos processos ecossistêmicos onde atuam. Na presente avaliação, ainda, consideram-se apenas alguns grupos de interesse da fauna, ora definidos como indicadores desse componente. Especificamente, tratam-se alguns grupos da entomofauna (formigas, abelhas e vespas, borboletas e mariposas, moscas e mosquitos, besouros rola-bosta) e a totalidade dos vertebrados terrestres (anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

Por fim, o compartimento atmosférico é considerado aqui devido ao potencial de alteração na qualidade do ar em decorrência do desastre. Em função do ocorrido e do fato que as populações dos municípios atingidos pela lama permaneceram nas cidades durante a reconstrução, e considerando que parte do rejeito foi removido, parte foi aterrado no campo de futebol e parque de exposições, parte foi transformado em calçamento e parte secou, virou pó e espalhou-se pelas cidades com o fluxo de caminhões e veículos pesados, é razoável admitir que houve alteração da qualidade do ar em decorrência do desastre, a qual pode continuar em função do rejeito permanecer nesses municípios e em contato com a população local. O material particulado disponível é inalado pelos moradores e pode desencadear ou agravar doenças, principalmente as respiratórias. Dessa forma, conhecer a composição desse material particulado e as suas concentrações é de suma importância para avaliar como está o ar que as pessoas estão respirando na região.

1.2 IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS AMBIENTAIS

O solo é um recurso natural renovável finito que exerce fundamental influência nos ecossistemas terrestres. Do ponto de vista ambiental, o solo pode ser considerado como o elo entre a litosfera (domínio das rochas), a atmosfera (domínio dos gases), a biosfera (domínio dos seres vivos) e a hidrosfera (domínio das águas), exercendo, portanto, as funções de regulação e de controle dos fluxos de matéria e energia que circulam através dessas esferas ambientais (conceito de pedosfera) (MELLO; PEREZ, 2009). De forma geral, o solo serve para dar sustentação e nutrientes às plantas, age como armazenador de água e é um filtro natural de poluentes, além de ser um meio de vida para o homem, onde se produzem alimentos, constroem-se casas e estradas e realizam-se as demais necessidades humanas (EMBRAPA, 2018a). Nesse sentido, o solo fornece muitos Serviços Ecossistêmicos (SEs) à sociedade humana (Tabela 1 e Figura 3), tais como a provisão de água, matéria-prima, minérios, alimentos, fibras, energia, madeira, recursos genéticos, biodiversidade e habitats de organismos terrestres; o suporte à produção primária, à formação e renovação do solo, à ciclagem de nutrientes e à ocupação para atividades humanas; a regulação da qualidade e volume da água (enchentes, secas), da erosão, do clima (gases do efeito estufa), de patógenos, doenças e poluentes em potencial; e, ainda, a promoção de serviços culturais, tais como atividades de recreação, lazer, desenvolvimento cognitivo, estético, educacional, espiritual, histórico e científico (PRADO et al., 2016).

Considera-se que um solo de qualidade é aquele capaz de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade da água e promover a saúde humana e a habitação (PIERZYNSKI; SIMS; VANCE et al., 2000). Assim, os próprios conceitos de SE do solo e qualidade do solo se sobrepõem. Portanto, o conhecimento acerca dos atributos do solo que explicam os SEs prestados por ele em sua condição natural a partir da construção de uma linha de base (valores de *background*) se faz necessário para avaliar se o rompimento da barragem de Fundão afetou os SEs prestados pelo solo e em qual extensão.

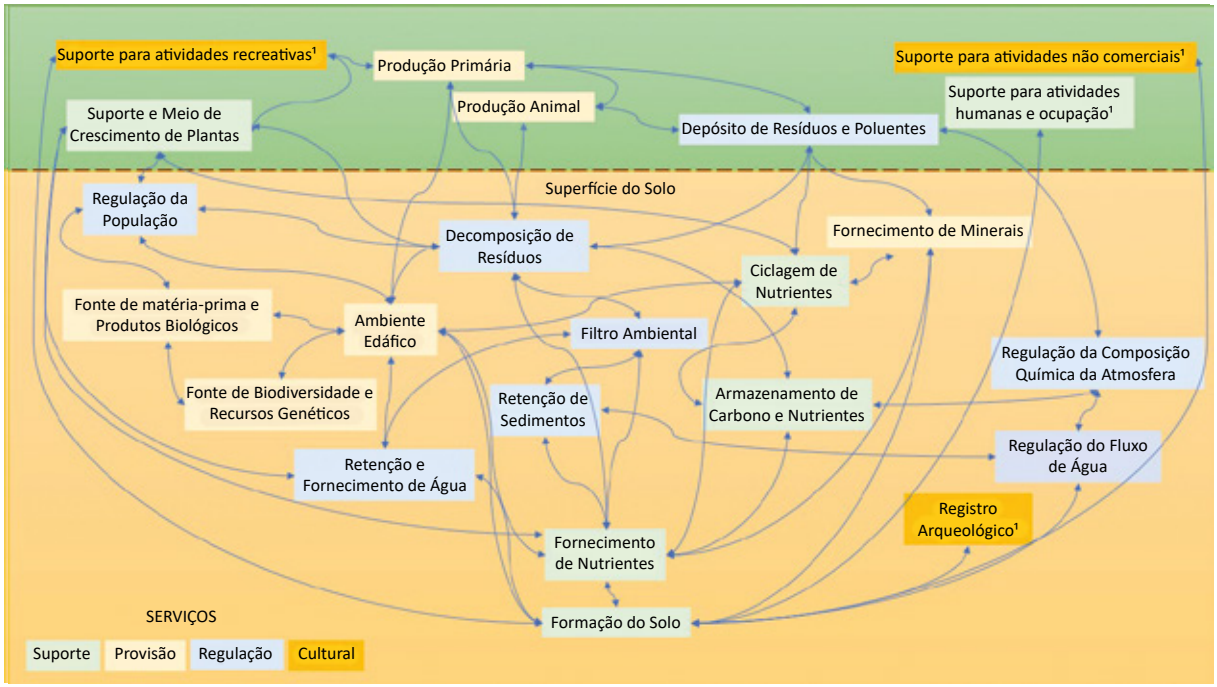
Tabela 1 – Funções do solo e serviços ecossistêmicos.

Função do solo	Serviço	Serviço Ecossistêmico
• Suporte para vegetação terrestre	Suporte	Produção primária
• Processos de formação do solo	Suporte	Formação e renovação do solo
• Estoque, ciclagem, processamento e disponibilidade de nutrientes para as plantas	Suporte	Ciclagem de nutrientes
• Estrutura de suporte para ocupação e atividades humanas (por exemplo, moradia, indústria, infraestrutura)	Suporte	Plataforma
• Habitat para populações transientes e residentes (componente vital para habitats terrestres)	Provisão	Refúgio
• Retenção e fornecimento de água na paisagem	Provisão	Armazenamento de água
• Provisão para o crescimento de plantas e produção	Provisão	Fornecimento de alimentos, fibras, combustíveis e madeira (biomateriais)
• Provisão de fontes de materiais	Provisão	Fornecimento de matéria-prima de origem mineral

Função do solo	Serviço	Serviço Ecossistêmico
• Fonte de materiais e produtos biológicos únicos (biota do solo)	Provisão	Biodiversidade e recursos genéticos
• Regulação da população (biota do solo) para o controle de pragas, patógenos e doenças	Regulação	Controle de pragas e patógenos potenciais
• Disposição e decomposição de resíduos e poluentes	Regulação	Ações de reciclagem e remediação
• Filtragem e tamponamento da água	Regulação	Regulação da qualidade da água
• Regulação dos fluxos hidrológicos, tamponamento e moderação do ciclo hidrológico	Regulação	Regulação do suprimento de água e controle de enchentes e secas
• Sequestro e acúmulo de carbono, regulação da composição química da atmosfera e processos climáticos	Regulação	Regulação de gases do efeito estufa e regulação climática
• Retenção de sedimentos	Regulação	Controle da erosão
• Suporte para atividades recreativas	Cultural	Recreação
• Suporte para atividades não comerciais	Cultural	Desenvolvimento cognitivo, estético, educacional, espiritual, e experiências e atividades científicas
• Manutenção de registros arqueológicos da ocupação terrestre e das civilizações	Cultural	Herança histórica e cultural

Fonte: Adaptado de Prado et al. (2016).

Figura 3 – Serviços ecossistêmicos fornecidos pelo solo e suas inter-relações.



Nota: [1] Funções não ecológicas.

Fonte: Adaptado de Prado et al. (2016).

Em relação aos serviços de suporte, a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo no interior da floresta estão intimamente relacionados com a quantidade de serapilheira depositada. Esta é formada pela queda de folhas, flores, frutos e outras partes das plantas no solo e sua gradual decomposição

(ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003). Devido à capacidade de produção de matéria orgânica, a serapilheira é considerada a forma mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo, o que torna esse item primordial na análise de ecossistemas (PAGANO; DURIGAN, 2000). Tal dinâmica de ciclagem possibilita também a formação de novos horizontes pedológicos, compostos por produtos com maior ou menor grau de decomposição e que, por sua vez, determinam condições adequadas para o estabelecimento de determinados tipos de vegetação (LEPSCH, 2010; ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003). Conforme afirmam Schumacher et al. (2003), a importância do ciclo que se forma entre a comunidade viva e o meio é evidenciada nas florestas que se mantêm em áreas com solos de baixa fertilidade. A ciclagem de nutrientes tem sido amplamente estudada com o intuito de entender a dinâmica de ecossistemas e de utilizar essas informações no sentido de obter melhores práticas de manejo florestal, tanto para a recuperação de áreas degradadas quanto para elevar a produtividade de sítios degradados em recuperação (SILVA; DAVIDE, 2001).

Entre os serviços classificados como de provisão, podem ser incluídos a produção de alimentos, água, combustível, madeira, fibra e demais produtos provenientes dos ambientes naturais.

De acordo com Elmore e Breschta (1987), citados por Lima e Zakia (2009), tanto a qualidade quanto a quantidade de água presente em uma bacia hidrográfica recebem influência direta das matas ciliares, pois a vegetação contribui para o armazenamento e filtragem de água na microbacia, e, posteriormente, influencia a vazão durante estações secas.

Existe, ainda, uma gama de classificações utilizadas por diversos autores para a definição dos recursos advindos da floresta, sendo que a mais usual é o agrupamento de produtos madeireiros ou não madeireiros. Simula (1999) cita como produtos madeireiros de uso primário a madeira em toras e cavacos, o carvão vegetal e a lenha, que ainda são um dos combustíveis mais utilizados no Brasil por famílias de baixa renda que possuem fácil acesso à floresta (BRITO; BARRICHELO, 1979).

Shanley, Pierce e Laird (2005) definem os produtos florestais não madeireiros como recursos biológicos provenientes das florestas nativas, sistemas agroflorestais e plantações, incluindo plantas medicinais, alimentícias, frutas, castanhas, resinas, látex, óleo, fungos, forragens, fauna e também a madeira utilizada para artesanato. Esses produtos são utilizados desde o início da civilização humana e, além de serem vitais para a subsistência e segurança alimentar de populações pobres que residem dentro ou próximo das florestas (SANTOS et al., 2003), mostram-se cada vez mais importantes para a economia de países em desenvolvimento como uma alternativa viável de utilização da sua diversidade e abundância (SOARES et al., 2008).

Dentro do grupo de serviços ecossistêmicos de regulação, estão inseridas funções como a regulação do clima, do ar e de enchentes, e a purificação da água.

Schaffer et al. (2011) frisam a importância da manutenção das áreas de preservação permanente não só para a manutenção da estabilidade geológica, como também para a preservação da biodiversidade e da recarga dos aquíferos, visto que essas áreas estão sujeitas a deslizamentos, principalmente quando são desmatadas. Os autores ainda destacam que os efeitos do desbarrancamento incluem o transporte de sedimentos para o leito dos rios, tornando-os mais rasos devido ao assoreamento e, consequentemente, mais propícios à ocorrência de enchentes quando o volume de água é mais alto. O efeito tampão proporcionado pela presença das matas ciliares ainda exerce função de filtragem de

sedimentos, diminuição da concentração de herbicidas nos cursos d'água e retenção de nutrientes advindos de ecossistemas terrestres através de escoamento superficial (LIMA; ZAKIA, 2009).

A qualidade do ar e o microclima também são modificados pela presença ou ausência da floresta, pois parte da regulação da composição da atmosfera e do clima é influenciada pelos ecossistemas através do balanço entre o sequestro de dióxido de carbono efetuado pela vegetação e pelo solo e a sua libertação a partir destes (AZEVEDO, 2002). O dossel da floresta causa a interceptação da radiação, o que acarreta em alterações no microclima da mata (HERNANDES; PEDRO JÚNIOR; BARDIN, 2004; PEZZOPANE et al., 2000) e também a diminuição da temperatura do solo em relação a áreas abertas (PEZZOPANE et al., 2002). No microclima das florestas, a temperatura é tipicamente amena, com umidade relativa do ar mais alta em comparação a ambientes descobertos ou com o solo exposto, e maior variabilidade climática dependendo da estrutura da floresta (LIMA; MARIANO, 2014).

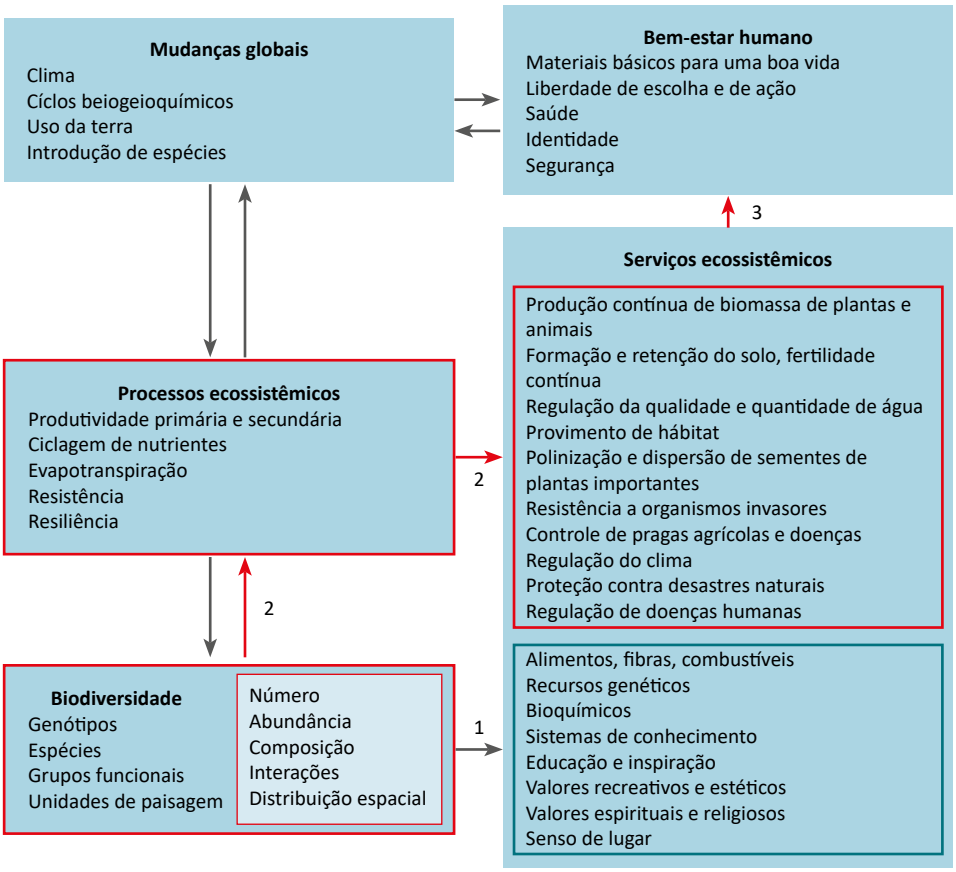
A flora ainda contribui com os serviços chamados culturais, que englobam, entre outros, os fatores estéticos, espirituais, educacionais e recreativos. Nesse contexto, Azevedo (2002) considera a relação entre a natureza e a sociedade como um bem comum e que necessita de conservação e perpetuação. O autor cita como exemplos disso a sabedoria popular acumulada ao longo do tempo a respeito do uso de plantas comestíveis e medicinais, bem como a apreciação estética da natureza, as interações sociais, e as atividades desportivas e recreativas proporcionadas pelos ambientes naturais.

Devido à movimentação da lama de rejeitos, uma parte da vegetação ripária foi suprimida, comprometendo a disponibilidade de serviços ecossistêmicos fornecidos por esses fragmentos. A retirada da vegetação compromete não apenas a diversidade da flora, mas também os elementos bióticos ou abióticos que com ela interagem, podendo ter como consequência alterações nas propriedades do ar, solo, água e manutenção da fauna. A floresta, além de proporcionar um corredor de fluxo gênico para as comunidades terrestres, apresenta-se em distintas composições e funcionamentos, como matas inundadas e brejos, contribuindo para a formação de grande diversidade de habitats e nichos (BARRELA et al., 2009).

O papel específico do componente faunístico no provimento de serviços ecossistêmicos, isolando-o do restante da biodiversidade, é uma tarefa difícil. O modelo de Díaz et al. (2006) nos auxilia a compreender as interligações entre a biodiversidade com os processos ecossistêmicos, que por sua vez atuam no provimento dos serviços ecossistêmicos à humanidade (Figura 4). A partir dessa visão geral, é possível sugerir com melhor precisão onde a participação da fauna ocorre.

> A biodiversidade é ao mesmo tempo afetada por mudanças globais e um fator que afeta, concomitantemente, o bem-estar humano [destaques em vermelho na Figura 4]. Processos ecossistêmicos são independentes de valoração humana e agem na manutenção da integridade ambiental. Serviços ecossistêmicos são benefícios que proveem a sociedade humana de meios para tornar a vida possível. Alguns serviços envolvem o fornecimento direto de bens materiais e não-materiais, associados à presença de algumas espécies em particular [rota 1 na Figura 4]. Outros serviços surgem pelo funcionamento continuado dos processos ecossistêmicos. Por exemplo, a formação e retenção do solo e manutenção de sua fertilidade depende de processos de decomposição e ciclagem de nutrientes pela biota do solo [rota 2 na Figura 4]. Por fim, o bem-estar é a experiência humana que permite à sociedade manter-se em desenvolvimento. O senso de bem-estar varia com o contexto histórico, cultural e geográfico da sociedade, e depende do pleno funcionamento dos ecossistemas para provimento de serviços essenciais que fomente a produção de alimentos, combustível e abrigo, assim como na regulação da qualidade e quantidade de água, controle de desastres e doenças, forneça um senso de identidade territorial, entre outros [rota 3 na Figura 4]. (DÍAZ et al., 2006, tradução nossa).

Figura 4 – Participação dos elementos da biodiversidade, entre eles a fauna, nos processos e serviços ecossistêmicos.



Fonte: Tradução livre de Díaz et al. (2006).

A fauna regula ampla variedade de processos ecossistêmicos, dos quais alguns dos mais conhecidos são a polinização, a dispersão de sementes e o controle de pragas e doenças (DÍAZ et al., 2005). As sociedades humanas dependem intimamente da fauna: benefícios claros dessa relação são exemplificados pela variedade de organismos que aprendemos a usar como alimento, na produção de fibras, em medicamentos ou como recursos renováveis dos mais diversos (DÍAZ et al., 2006). Ademais, comportamentos animais e a ação que a fauna exerce no ambiente também resultam em usos diretos pela humanidade, como o fundamental papel no desenvolvimento espiritual e religioso de nossas culturas (GROSS, 2017), da sensação de identidade dos povos com suas terras (KOSTUCH, 2017) e na inspiração e avanço de inúmeros ramos das ciências – a exemplo da fisiologia do exercício (ANGELIS et al., 2015), aerodinâmica (HEDENSTRÖM; SPEDDING, 2008) e inteligência artificial (CHUNG et al., 2018). Menos evidentes são os serviços estruturantes ao bem-estar humano em geral, como na contínua ciclagem de nutrientes pela fauna decompositora, a estruturação ambiental promovida por animais escavadores ou que escavam árvores, entre outros (DÍAZ et al., 2006).

Os mecanismos pelos quais a fauna afeta e é influenciada pelo funcionamento dos ecossistemas são ainda de difícil determinação e amplamente discutidos na literatura recente. Tradicionalmente, o mero número de espécies (*i.e.* riqueza ou outras medidas de diversidade alfa) foi considerado um fator diretamente ligado à resiliência dos ecossistemas e sua funcionalidade (CHAPIN III et al., 2000). No entanto, há crescente consenso em entender a diversidade funcional dos animais como a mais relevante influência na dinâmica dos ecossistemas (GAGIC et al., 2015). Nesse sentido, tem-se desvendado

que espécies raras, tanto quanto as comuns, são importantes na manutenção do funcionamento e provimento de serviços ecossistêmicos (LYONS et al., 2005), em virtude do "espaço funcional" que ocupam no ambiente (LEITÃO et al., 2015). Por exemplo, benefícios financeiros e culturais da atividade de observação de pássaros (*birdwatching*) são maximizados pela presença de espécies raras (SEKERCIOGLU, 2002); por outro lado, a aeração e estruturação do solo em função da bioturbação pela fauna escavadora é mais fortemente afetada pela ação de espécies comuns (NICHOLS et al., 2008; DAVIDSON; DETLING; BROWN, 2012; VALENCIA-AGUILAR; CORTÉS-GÓMEZ; RUIZ-AGUDELO, 2013). Em conjunto, tais fenômenos resultam em um grande leque de possibilidades sobre como cada serviço ecossistêmico responde a alterações no número, abundância ou identidade das espécies da fauna. Ou seja, o desaparecimento ou colonização por uma espécie em particular pode afetar diferentes serviços de forma distinta, dependendo ainda da região onde o serviço é analisado. A relação entre a fauna e a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos é, assim, invariavelmente idiossincrática e complexa (BROSE; HILLEBRAND, 2016; SCHNEIDER et al., 2016).

2 SUBSOLO

Este capítulo aborda o contexto geológico da linha-base, o patrimônio espeleológico e as águas subterrâneas.

2.1 GEOLOGIA

O entendimento e caracterização da geologia é de fundamental importância para a compreensão dos diversos processos naturais atuantes na área de estudo. Considerando que a geologia está intrinsecamente relacionada aos diversos aspectos do meio físico, entre os quais destacam-se o relevo, a geomorfologia, as drenagens superficiais, as águas subterrâneas, os solos, os sedimentos e, sobretudo, os recursos minerais, visando caracterizar a linha-base, foi realizada inicialmente ampla revisão bibliográfica, na qual, além de informações sobre o contexto geológico regional e local, foram abordadas também considerações sobre a geologia estrutural, a sismologia, a geoquímica, os processos minerários e respectivas mineralizações associadas, além do contexto geomorfológico e informações sobre o acervo espeleológico.

Cabe ressaltar que, além da revisão bibliográfica, foram realizadas vistorias de campo *in loco*, coleta de amostras e ensaios.

Informações complementares a este capítulo encontram-se descritas nos subambientes solos, águas subterrâneas e sedimentos, dado que são áreas intrinsecamente correlacionadas.

2.1.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Para caracterização da linha-base, no escopo deste trabalho, a área de abrangência considerada engloba toda a bacia hidrográfica do rio Doce. Evidentemente, foi dado maior enfoque às áreas mineralizadas do Quadrilátero Ferrífero (QF), onde se encontra a Mineração Samarco e os afluentes do rio Doce propriamente dito, desde as drenagens afluentes que integram as zonas de cabeceira até sua foz, na localidade de Regência/ES.

2.1.2 METODOLOGIA

A metodologia empregada subdividiu-se na revisão bibliográfica e na obtenção direta de novos dados. A revisão bibliográfica consistiu na busca de documentos, de imagens áreas/orbitais, de levantamentos a laser, cartas topográficas e principalmente mapeamentos temáticos disponíveis, entre os quais, destacam-se os geológicos, geomorfológicos, usos e ocupação do solo, declividade, suscetibilidade à erosão, drenagens e principais compartimentos hidrogeológicos. Com base na revisão desses materiais, foram geradas novas figuras, mapas e perfis.

A obtenção direta de novos dados foi realizada essencialmente a partir de levantamentos de campo, nos quais foram realizadas descrições, obtenção de documentação fotográfica, coletas de amostras, obtenção de dados estruturais, além de reuniões técnicas com as demais equipes envolvidas. Os dados obtidos nessas vistorias foram processados e interpretados em escritório, integrados em ambiente GIS, de forma que pudessem ser correlacionados geoespacialmente.

Na sequência, procurou-se descrever cada uma das principais etapas empregadas nessa metodologia.

2.1.2.1 Mapeamentos geológicos

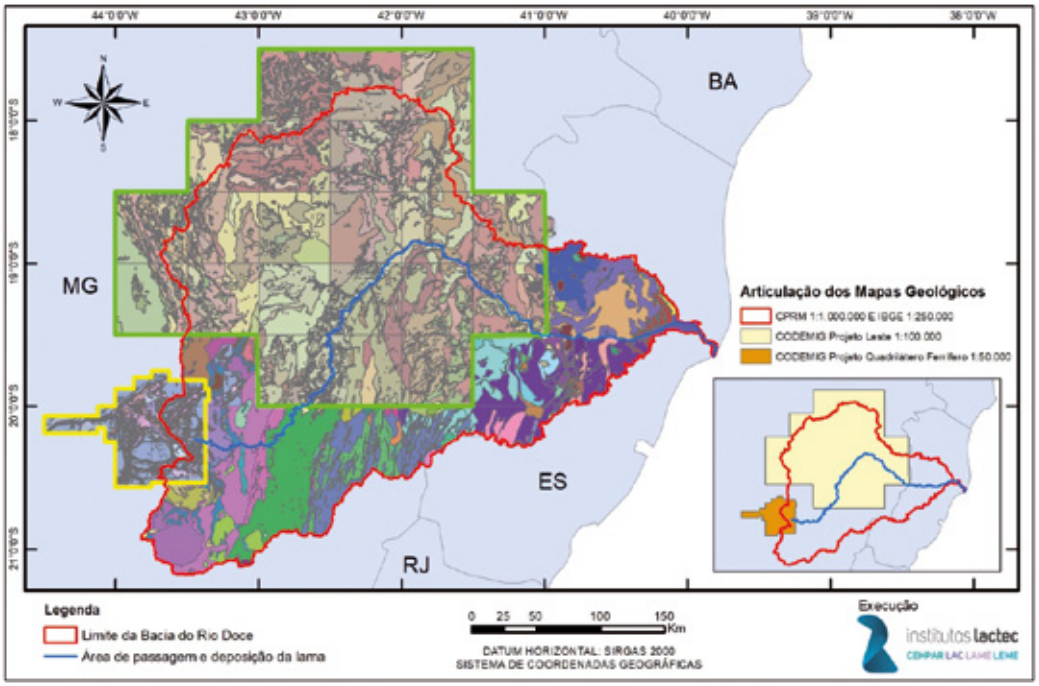
Para a identificação e representação cartográfica das unidades litoestratigráficas presentes na área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Doce, foram analisados, conforme mencionado, os mapeamentos e estudos geológicos já existentes, em diversas escalas.

Dos principais trabalhos utilizados, destacam-se:

- Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folhas Vitória – SF24; Belo Horizonte – SE23; Rio Doce – SF 23; e Rio de Janeiro – SF 23, escala 1:1.000.000 (CPRM, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d);
- Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000 (CODEMIG, 2014);
- Mapeamento de Recurso Naturais do Brasil, escala 1:250.000 (IBGE, 2018);
- Projeto Leste – CODEMIG/CPRM, escala 1:100.000 (PINTO; DRUMOND; FÉBOLI, 2001);
- Projeto Quadrilátero Ferrífero – CODEMIG/UFMG, escala 1:50.000 (BALTAZAR et al., 2005);
- Mapa Geológico do supergrupo Rio das Velhas na região do Quadrilátero Ferrífero, escala 1:25.000 (CPRM, 1994).

Para a caracterização regional da bacia do rio Doce (Figura 5), utilizou-se principalmente a base de dados do levantamento geológico da CPRM na escala 1:1.000.000, complementada com o mapa geológico do IBGE na escala 1:250.000, com os dados dos Projeto Leste (escala 1:100.000), desenvolvidos no âmbito do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos da CPRM, e, por fim, com os mapas do Quadrilátero Ferrífero (escala 1:50.000) realizados por convênio entre a CODEMIG/UFMG.

Figura 5 – Articulações e mapas geológicos utilizados na caracterização litoestratigráfica.



2.1.2.2 Compartimentação geomorfológica

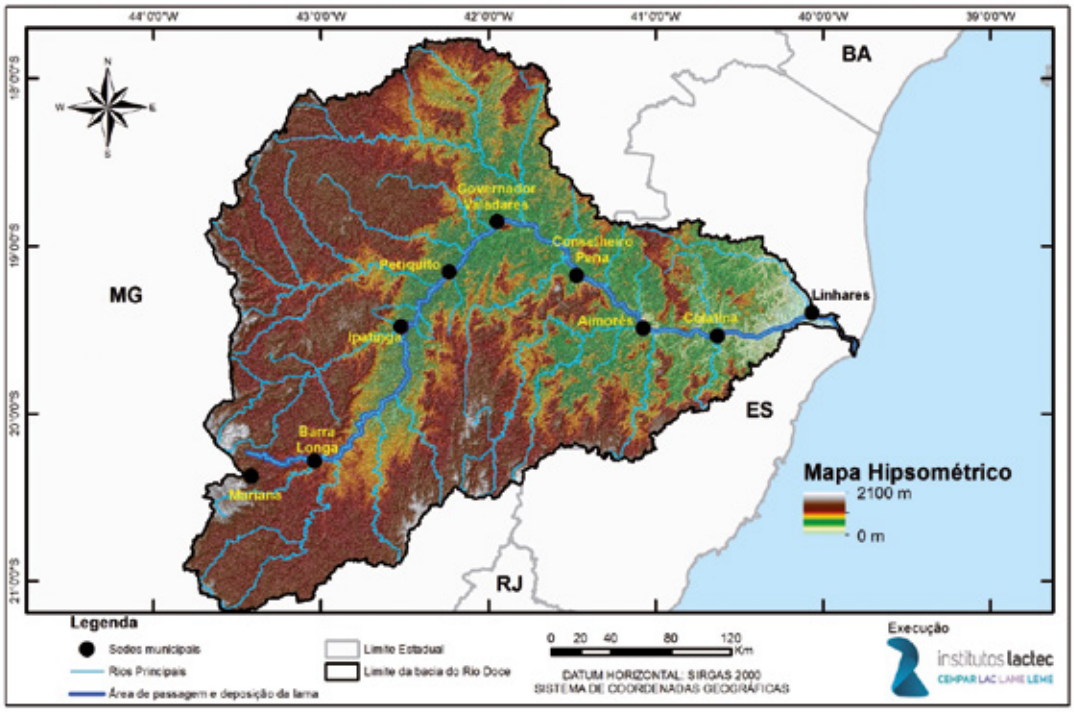
No âmbito deste trabalho, visando correlacionar os diversos litotipos encontrados com as características morfológicas do terreno e suas declividades associadas, foi elaborado um novo mapa geomorfológico, modificado a partir da base Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (PIRH) (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a).

Nesse documento foi realizada uma nova interpretação a partir de modelo hipsométrico, gerado a partir de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (Figura 6), cujo resultado trata-se de uma compartimentação geomorfológica regional.

O objetivo dessa etapa não teve o caráter de elaborar um novo mapa geomorfológico e sim subdividir grandes unidades morfoesculturais para correlacionar com os demais ambientes, principalmente com a geologia, facilitando assim a descrição e o entendimento.

Essa compartimentação foi realizada em ambiente GIS e para o traçado dos limites das referidas unidades morfológicas foram considerados vários níveis de informação, entre os quais, destaca-se a rede de drenagens e suas correspondentes sub-bacias e também as declividades do terreno, obtidas a partir da função *slope* do ArcMap. Tanto a compartimentação geomorfológica quanto o mapa de declividade encontram-se no item dos resultados e nos apêndices.

Figura 6 – Mapa hipsométrico realizado a partir de modelo SRTM 30 m.



2.1.2.3 Perfil longitudinal

Para a determinação da visão transversal da geologia, ao longo do traçado do rio Doce e afluentes, foi elaborado um perfil longitudinal desde a barragem de Fundão até sua foz em Regência/ES. O perfil foi realizado com base em cotas altimétricas obtidas a partir do SRTM de 30 metros. A imagem de radar foi obtida no site da *Earth Explorer*, na qual foi feita correção topográfica com eliminação de pontos anômalos com filtros específicos.

A geração final desse perfil foi realizada com emprego de algoritmos de linguagem "R" e para cada segmento foi atribuída a unidade geológica correspondente. Além da representação da geologia, sobre esse perfil foram inseridas as principais estruturas geológicas (falhas e juntas), que servem de base para a correlação de zonas preferenciais de circulação de águas subterrâneas e eventuais contaminações dos aquíferos, e compartimentos geomorfológicos e pedológicos.

2.1.2.4 Sismologia

A metodologia empregada para a descrição da sismologia baseou-se nos dados históricos da Rede Sismográfica Brasileira (RSBR), para o período entre 1720 e 2016. A partir desses dados, foram selecionados apenas os sismos registrados na bacia do rio Doce e realizadas figuras indicando a localização e a intensidade.

2.1.2.5 MEV/EBSD

Com o objetivo de avaliar a morfologia, a microtextura e as fases químicas e minerais principais presentes nas amostras de rochas coletadas, foram realizadas microanálises com uso de um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV-FEG) com detector de dispersão de energia de raios X (EDS), para obter as informações químicas elementares dos materiais e de difração dos elétrons retroespalhados na câmara de vácuo (EBSD), para análise de fases.

As microanálises foram realizadas em amostras de fragmentos de rocha, devidamente preparadas para EBSD, embutidas em resina baquelite e devidamente polidas, fixadas nos porta-amostras com fita de carbono, sendo avaliadas sem o tratamento prévio de cobertura para o aumento de sua condutividade (*in natura*), de modo a permitir a realização de análises químicas elementares de forma mais precisa. A seguir, será apresentado o procedimento detalhadamente.

Especificamente na preparação para o EBSD, as amostras foram submetidas a cortes de precisão, com uso do equipamento IsoMet 1000, marca Bühler, provido de disco diamantado. Blocos fatiados de dimensões aproximadas de 20 x 30 mm e 5 mm de espessura foram impregnados e embutidos em resina de epóxi, EpoThin Epoxy, marca Bühler, a frio.

Após o processo de amostragem, corte e montagem, as amostras foram desformadas dos moldes de embutimento e seguiram com o procedimento de desbaste manual na lixa de granulosidade de 240 grit até a retirada aparente da resina de embutimento nas superfícies de análises. Em seguida, foram realizados os polimentos, em politriz de baixa rotação, modelo MetaServ 250, marca Bühler, com uso do carbeto de silício na granulosidade de 600 e 1000 grit por 5 min, e pasta de diamante de granulometrias de 9, 6, 3, 1, 0,25 µm por 30 min, em cada etapa.

O início do polimento final foi executado em pasta de alumina de granulometria de 0,05 µm por 90 min na mesma politriz mencionada anteriormente. O complemento do polimento final procedeu com a utilização da MiniMet, marca Bühler, com a utilização da sílica coloidal durante cerca de 60 min. Por fim, as amostras sem cobrimento receberam apenas o tratamento com fita de alumínio, para aumentar sua condutividade, a fim de evitar possíveis carregamentos durante a aquisição dos dados.

Os ensaios foram realizados em MEV-FEG, com monocristal de tungstênio e camada de zircônio, modelo MIRA3 LM, marca TESCAN, com uso dos detectores de elétrons secundários (SE) e de elétrons retroespalhados (BSE), marca TESCAN. Os parâmetros do equipamento seguiram com a tensão do feixe de elétrons de 15 kV, intensidade de 15,00, abertura de 18,0 mm, distância de trabalho de 15 mm e modo de resolução de varredura.

A avaliação qualitativa e semiquantitativa dos elementos químicos presentes nos materiais foi realizada, para ambos os preparos, com o uso do detector EDS, marca *Oxford Instruments*. As análises foram realizadas em regiões específicas (pontuais), por área e, principalmente, com a construção de mapas elementares.

Já para as análises de fase, foi utilizado o detector da difração dos elétrons retroespalhados na câmara de vácuo, marca *Oxford Instruments*, que é representado por uma câmera de CCD (dispositivo de carga acoplada) de interação rápida, alta sensibilidade e uma tela de fósforo, a qual possui a função principal de coletar os padrões de difração fornecidos pela amostra mediante a incidência de raios X, chamados de linhas ou bandas de Kikuchi.

2.1.3 RESULTADOS

2.1.3.1 Contexto geológico regional

Este item refere-se a uma revisão bibliográfica das principais unidades litoestratigráficas que ocorrem na bacia hidrográfica do rio Doce e respectivas correlações e integrações com os dados estudados até o momento para a caracterização da linha-base.

Com o intuito de permitir uma visão geral das diferentes litologias interceptadas pelo rio Doce ao longo de seu trajeto, as descrições não estão em ordem cronoestratigráfica e sim foram feitas de oeste para leste.

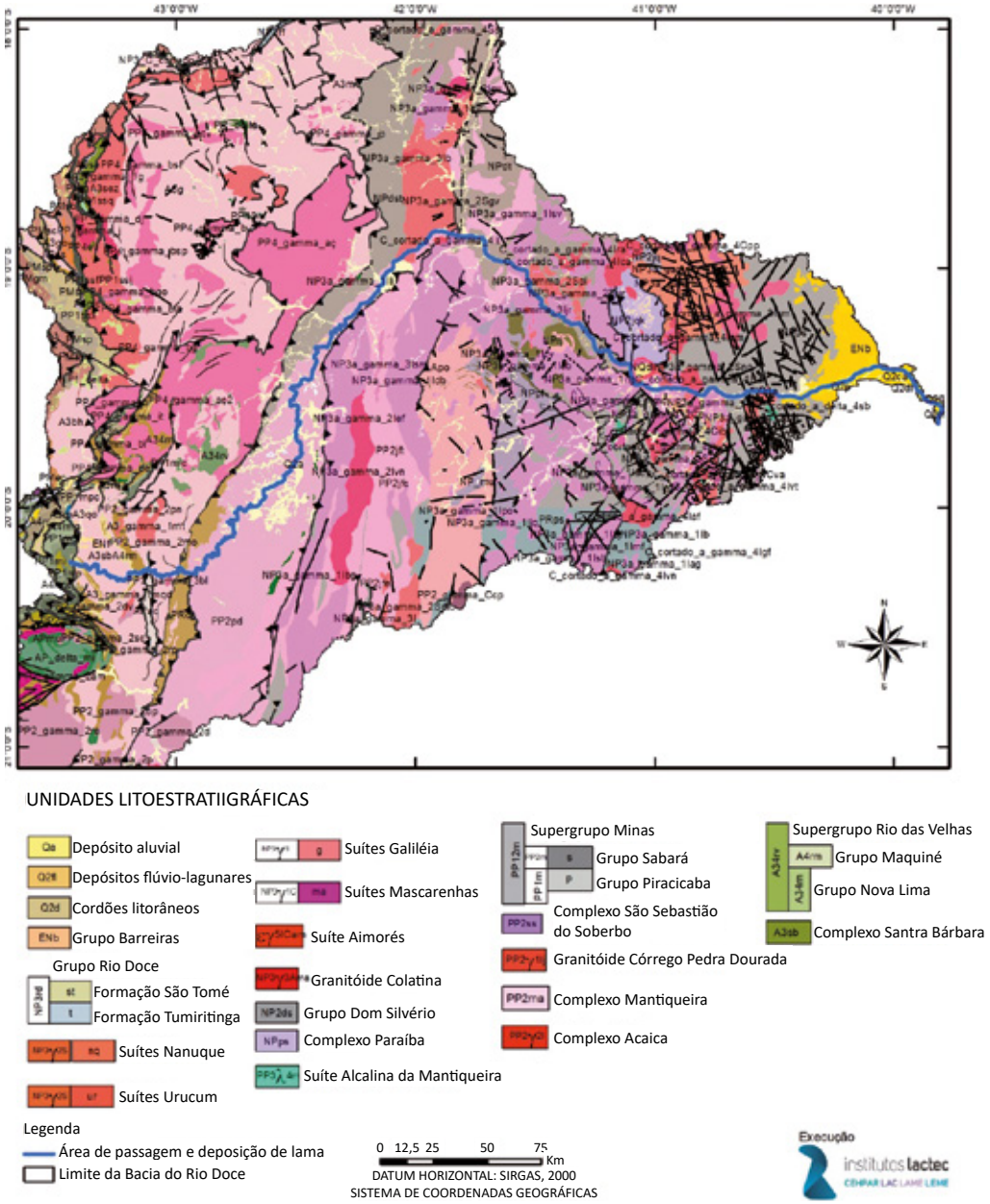
De um modo geral, as rochas encontradas a oeste da área de estudo, no alto curso do rio Doce, nas proximidades da barragem de Fundão, são pertencentes à histórica província geológica do Quadrilátero Ferrífero, descrita por Dorr et al. (1959) como uma clássica geoprovíncia auriferrífera de idade Pré-Cambriana. Nessa região, encontram-se as mais importantes jazidas de ferro de Minas Gerais. De acordo com Dorr (1969), ocorrem rochas graníticas-gnáissicas, sobrepostas por sucessões metassedimentares e vulcanoclásticas paleoproterozoicas e, também, grandes depósitos de itabirito (*Banded Iron Formation* – BIF), da Formação Cauê.

Na sequência, sentido leste, na porção centro-oeste da área estudada, ocorre uma ampla variação de rochas alcalinas, graníticas, migmatíticas, gnáissicas e vulcanossedimentares, de idades que vão do paleoproterozoico ao neoproterozoico.

Por fim, a leste, as sequências proterozoicas dão lugar a domínios de rochas cenozoicas, formadas por sedimentos inconsolidados e semiconsolidados resultantes dos processos intempéricos atuantes sobre essas sequências ao longo do tempo geológico.

As unidades litoestratigráficas regionais e aspectos estruturais associados, presentes na área, estão descritas de acordo com a cronoestratigrafia e a representação cartográfica dessas unidades estão expressas no mapa geológico da bacia do rio Doce em escala 1:1.000.000 (CPRM, 2004d) da Figura 7 e Apêndice A.

Figura 7 – Imagem do mapa geológico representativo da área de estudo – que engloba desde o Quadrilátero Ferrífero, a oeste, até a foz do rio Doce, a leste.



Fonte: Modificado do mapa do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d), mapeamento realizado na escala 1:1.000.000.

2.1.3.1.1 Arqueano

Supergrupo Rio das Velhas – Quadrilátero Ferrífero

As rochas metavulcânicas ultramáficas e máficas, de filiação komatiítica, com raras e delgadas intercalações de formações ferríferas e de metacherte, pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas (DORR, 1969; LADEIRA, 1980; LADEIRA; ROESER, 1983; ROESER et al., 1980). O Supergrupo Rio das Velhas é constituído, na base, pelo Grupo Nova Lima, e no topo pelo Grupo Maquiné, superior.

No Grupo Nova Lima, conforme descrito por Dorr (1969), ocorrem metassedimentos pelíticos e psamíticos, metavulcanitos básicos a ácidos, formações ferríferas, formações manganesíferas (gonditos, queluzitos), metacherte e raros dolomitos e conglomerados (LADEIRA, 1980). No topo do Supergrupo, encontra-se o Grupo Maquiné que é constituído por metassedimentos detríticos, quartzitos, filitos e conglomerados (DORR, 1969).

O Grupo Maquiné é constituído de unidades psamíticas da Formação Palmital na base e, no topo, as unidades clásticas da Formação Casa Forte. A primeira apresenta maiores quantidades de material clorítico e sericítico, enquanto a última consiste, principalmente, em quartzitos e conglomerados (DORR, 1969; FÉBOLI, 2010).

Estudos recentes realizados por Lana et al. (2013), com base em distribuições geocronológicas, sugerem que o Complexo Metamórfico Santa Bárbara representa a única relíquia da crosta paleoarqueana do sul do cráton do São Francisco.

2.1.3.1.2 Proterozoico

2.1.3.1.2.1 Supergrupo Minas – Quadrilátero Ferrífero

As rochas supracrustais do Supergrupo Minas compreendem uma grande cobertura de formações tabulares de elevada extensão lateral, apresentando litologias relativamente consistentes (DORR, 1969). Sua sedimentação iniciou-se no Paleoproterozoico e consistiu, primeiramente, na deposição de sedimentos clásticos em ambiente continental, representados pelos grupos Tamanduá e Caraça. Posteriormente, ocorre a deposição do Grupo Itabira, em ambiente marinho plataformal relacionado à bacia de margem passiva onde se encontram os principais depósitos de ferro do QF (DORR, 1969).

Esse ambiente marinho torna-se mais profundo ocasionando a deposição de pelitos e psamitos do Grupo Piracicaba sobre os sedimentos do Grupo Itabira. Em sequência, ocorre a deposição dos sedimentos clásticos do Grupo Sabará (BIZZI et al., 2003).

Nessas unidades litoestratigráficas, ocorre o solo cambissolo háplico Tb distroférrico. Conforme a Embrapa (2006), os cambissolos são identificados normalmente em relevos fortemente ondulados ou montanhosos, que não apresentam horizonte superficial A Húmico (EMBRAPA, 2006).

As rochas do Complexo Acaica são, predominantemente, granulitos, que se distribuem ao longo de uma área com algumas dezenas de quilômetros de extensão NS e de poucos quilômetros de largura, que é ladeada por terrenos com gnaisses de fácies anfibolito (JORDT-EVANGELISTA, 1984, 1985; JORDT-EVANGELISTA; MULLER, 1986a, 1986b). O solo proveniente dos litotipos desse complexo é o argissolo vermelho-amarelo eutrófico. Ocorrem em áreas de relevos mais acidentados e dissecados do que os relevos nas áreas de ocorrência dos latossolos (EMBRAPA, 2006).

O Complexo Mantiqueira, que ocorre ao sul do QF, é caracterizado por uma associação de corpos máficos e granitoides de composição tonalítica a granítica (NOCE; MACHADO; TEIXEIRA, 1998; NOCE et al., 2000; VALENÇA et al., 2000; ÁVILA, 2000; SILVA et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2004). O litotipo predominante é um biotita-anfibólio ortognaisse bandado de composição tonalítica a granítica. Na porção a oeste da área descrita, os solos são classificados como argissolos vermelho-amarelo eutrófico e, em sentido leste, em direção à região central, passam para latossolos amarelos distróficos tipo A; esse último caracterizado por horizonte A antrópico (EMBRAPA, 2006).

O Granitoide Córrego Pedra Dourada é caracterizado por ortognaisses tonalíticos predominantes; já, no Complexo São Sebastião do Soberbo, ocorrem paragnaisses, rochas calcissilicáticas e formações ferríferas bandadas, e, na Suíte Alcalina da Mantiqueira, ortognaisses sienítico alcalino. O solo desse granitoide é o argissolo vermelho-amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2006).

O Complexo Paraíba, descrito por Rosier e Ebert (BARBOSA; GROSSI SAD, 1983), é constituído por biotita-gnaisses paraderivados, localmente migmatizados, com intercalações de gnaisses kinzigíticos, mármores, quartzitos impuros (feldspáticos e/ou micáceos e/ou sillimaníticos) e rochas calcissilicáticas com estruturas gnáissicas ou não. Nessa unidade, que aflora para a porção leste da área, estão presentes solos podzólicos vermelho-amarelo equivalente (EMBRAPA, 2006).

O Grupo Dom Silvério representa uma associação metavulcanossedimentar essencialmente composta por xistos diversos, com raras intercalações centimétricas a decimétricas de quartzito (PERES, 2000). O litotipo predominante, entretanto, é representado por granada-biotita xisto, ora mais quartzoso, ora menos. Toda a sucessão apresenta granulação média a grossa e encontra-se intensamente foliada. Os afloramentos do Grupo Dom Silvério apresentam-se, em geral, muito intemperizados. Os solos são classificados como argissolo vermelho-amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2006).

O Granitoide Colatina é caracterizado por rochas de cor cinza ou cinza esverdeada e granulação fina a média, devido à presença de piroxênio. O Granitoide Colatina é uma rocha inequigranular, fanerítica, geralmente foliada, mostrando planos de biotitas bem orientados e presença frequente de veios e bolsões de fusão de material leucocrático. Como mineralogia essencial, observa-se o quartzo, o feldspato potássico e a biotita (TULLER, 1993).

As rochas da Suíte Aimorés são divididas em biotita-granito e rochas da Série Charnockítica. As rochas graníticas e charnockíticas possuem composições mineralógicas mais silicosas e o biotita-granito é levemente classificado como peraluminoso. As rochas charnockíticas são predominantemente metaluminosas, com algumas amostras levemente peraluminosas devido à granada encontrada próximo à zona de contato com as rochas encaixantes (QUEIROGA et al., 2012).

O solo proveniente dessa suíte granítica é classificado como argissolo vermelho eutrófico tipo A (EMBRAPA, 2006).

Na Suíte Mascarenhas, ocorrem rochas como monzonitos, monzonitos verdes, porfiríticos, de grão médio a grosso. Na Suíte Galileia ocorrem tonalitos e granodioritos foliados. A Suíte Urucum é caracterizada por granada-biotita granito foliado e, por fim, entre as suítes ígneas, ocorre a granada-biotita granito foliado da Suíte Nanuque. A Suíte Mascarenhas, conforme a posição mais a oeste ou a leste, respectivamente, os solos são classificados como neossolo flúvico e latossolo vermelho-amarelo, respectivamente (EMBRAPA, 2006).

O Grupo Rio Doce foi originalmente descrito por Barbosa et al. (1966), na região do médio rio Doce, e é dividido na Formação Tumiritinga, com ocorrência de agmatitos e migmatitos com intercalações centimétricas a métricas, em espessura, de metacalcário cristalino muito puro (GROSSI SAD et al., 1989, 1990); e na Formação São Tomé, com ocorrência de biotita, moscovita e xistos, transicionando a gnaisses xistosos, com porções portando granada e plagioclásio. Contém abundantes filões de quartzo e notáveis corpos pegmatíticos, de importância econômica para o quartzo, o feldspato, o berilo, a água-marinha e as turmalinas variadas (GROSSI SAD et al., 1989, 1990).

Os solos originados a partir da intemperização das rochas do Grupo Rio Doce são classificados como cambissolos háplicos Tb eutrófico típico (EMBRAPA, 2006).

2.1.3.1.3 Mesozoico/Cenozoico

As rochas desses períodos geológicos representam a porção final do curso do rio Doce, cujas porções aflorantes ocorrem já muito próximo à sua foz. Correspondem à bacia sedimentar do Espírito Santo e seus recobrimentos mais recentes da Formação Barreiras e dos sedimentos neogeno que preenchem a planície litorânea, o delta do rio Doce e os sedimentos marinhos da plataforma continental.

A bacia do Espírito Santo está situada no litoral do estado do Espírito Santo, delimitada a sul com a bacia de Campos, pelo Alto de Vitória, e a norte com a bacia de Mucuri. A área terrestre da bacia do Espírito Santo soma 12.418 km^2. Explorada desde a década de 1950, essa bacia apresenta campos petrolíferos de grande importância, com reservas significativas de gás natural e óleo leve. Está recoberta por sedimentos terciários do Grupo Barreiras, e é formada por sedimentos clásticos pouco consolidados que ocorrem em toda a faixa litorânea e por sedimentos quaternários inconsolidados que constituem os aluviões e o delta do rio Doce.

Os depósitos fluviolagunares ocorrem nas zonas baixas e contêm sedimentos sílticos e/ou arenoargilosos ricos em matéria orgânica, podendo apresentar grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares. Esses depósitos separam os terraços arenosos pleistocênicos e holocênicos ou estão presentes nos cursos inferiores de grandes vales não preenchidos por sedimentos fluviais. Nessas sequências sedimentares, são comuns bancos de argilitos caulínicos, com extensões laterais expressivas.

Os depósitos aluvionares são litologicamente diferenciados em aluviões ou areias brancas. O primeiro tipo constitui os depósitos de areias quartzosas grossas, de grãos angulosos mal selecionados, conglomeráticas, micáceas, com intercalações argilossílticas e argilosas. As areias brancas são quartzosas, de granulação média a grossa, mal selecionadas. Esses depósitos se estendem por algumas centenas de metros segundo uma direção leste-oeste acima do Grupo Barreiras, parecendo representar antigos canais fluviais (MABESOONE, 1985).

A descrição detalhada da geomorfologia, da geologia e respectivos depósitos sedimentares associados da planície litorânea, da região estuarina e do delta do rio Doce, encontra-se no volume referente aos Ambientes Costeiros.

Com o objetivo de facilitar a visualização das várias litologias interceptadas ao longo do rio Doce e seus afluentes, bem como correlacionar com a declividade e com os grandes compartimentos geomorfológicos, foi elaborada uma seção geológica esquemática (Figura 8), na qual estão indicadas as principais unidades litoestratigráficas da bacia. Cabe ressaltar que essa seção não é usual, ou seja, retilínea, ligando apenas dois pontos sobre o mapa, ao contrário, é uma seção projetada, realizada ao longo das drenagens, nas áreas de passagem e deposição da lama.

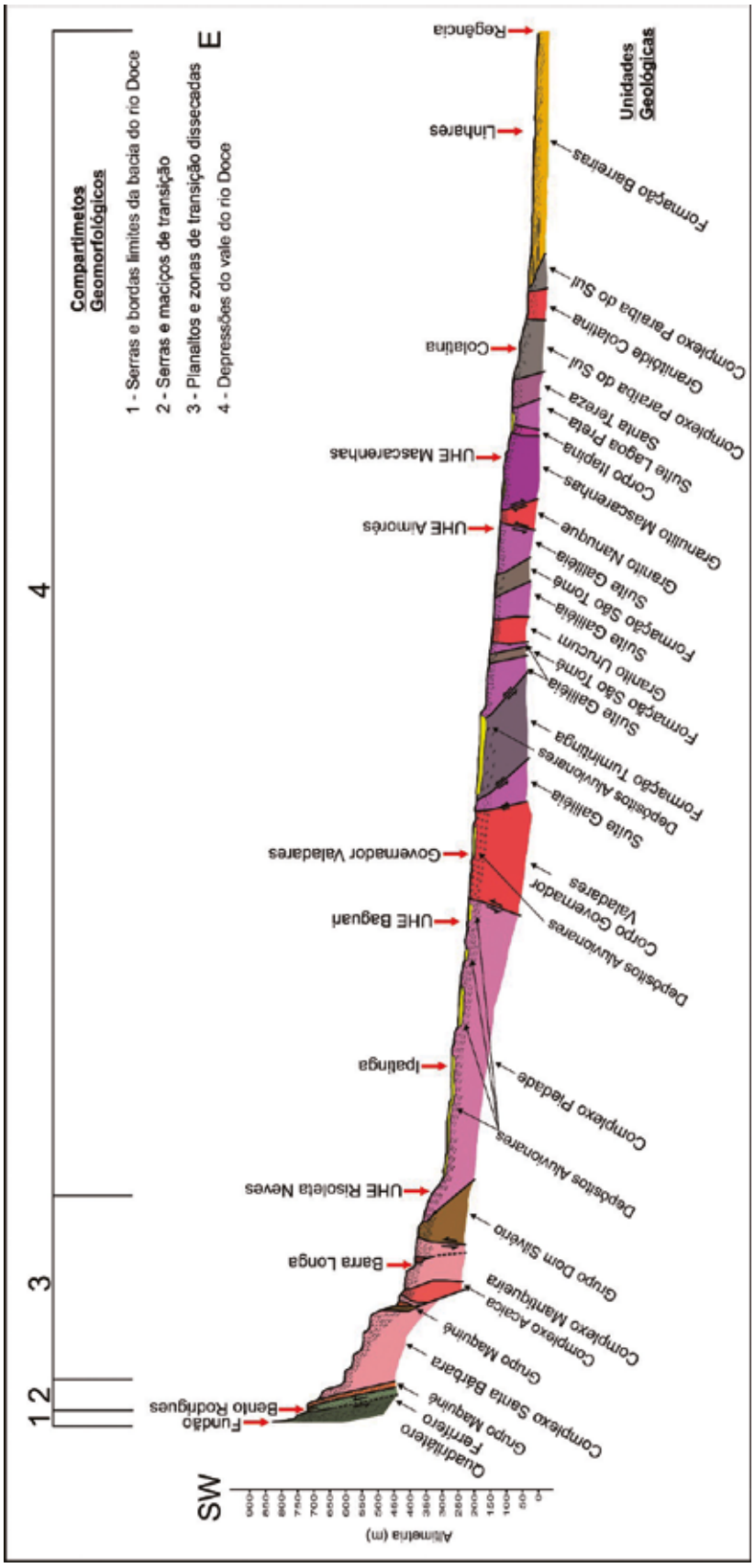


Figura 8 – Perfil geológico esquemático do rio Doce e afluentes desde a barragem de Fundão em Minas Gerais até Regência no Espírito Santo, com as principais unidades litoestratigráficas e estruturas associadas. A esse perfil foram associados os compartimentos geomorfológicos atribuídos para esse trabalho.

2.1.3.2 Geologia estrutural

Conforme mencionado, o entendimento do meio físico de uma determinada área envolve a compreensão de uma série de aspectos. No caso da geologia, um dos aspectos determinantes para caracterização do meio são as estruturas geológicas. Considerando que essas estruturas condicionam e controlam o fluxo de água superficial e, sobretudo, o fluxo de água subterrânea (Figura 9), seu entendimento é de fundamental importância para os estudos geomorfológicos e hidrogeológicos voltados às análises ambientais e eventuais degradações/contaminações dos aquíferos.

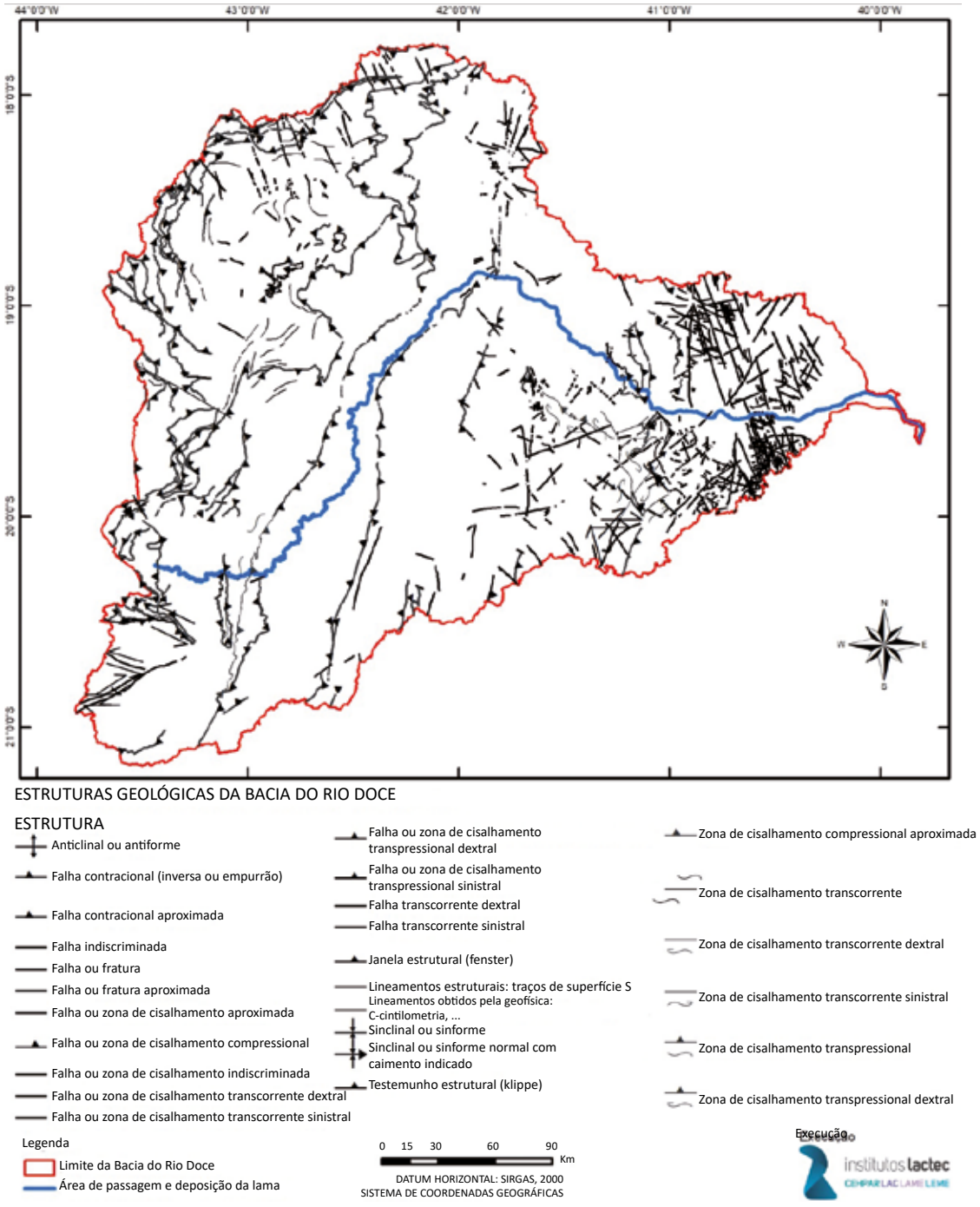
Existem diversos tipos de estrutura geológica que, via de regra, são marcados por lineamentos. De acordo com O'Leary, Friedman e Pohn (1976), lineamento é uma feição mapeável na superfície terrestre, linear, retilínea ou suavemente encurvada, simples ou composta. A sua presença reflete fenômenos de subsuperfície que podem estar relacionados com falhas, fraturas ou outras morfoestruturas. Os lineamentos podem representar altos topográficos (lineamentos positivos, como cristas alinhadas) e baixos topográficos (lineamentos negativos, como drenagens e vales).

A região da bacia do rio Doce é compreendida pelos domínios geotectônicos Faixa Brasília, Cráton São Francisco e Faixa Araçuaí (ALKMIM; MARSHAK, 1998), conforme mostra a Figura 10.

Os principais compartimentos tectônicos da Faixa Araçuaí, definidos por Almeida (1977), são o domínio externo, que circunscreve a margem sudeste do Cráton do São Francisco e se caracteriza como uma faixa de dobramentos e empurrões; o domínio interno, que é o núcleo metamórfico-anatético do orógeno; e a inflexão setentrional que contém segmentos desses dois domínios, mas apresenta feições tectônicas particulares.

No domínio tectônico externo do Orógeno Araçuaí estão esculpidos segmentos da Serra do Espinhaço e chapadas do norte-nordeste de Minas Gerais. O domínio externo se caracteriza pelo transporte tectônico contra o Cráton do São Francisco, metamorfismo da fácies xisto verde a anfibolito baixo nas rochas supracrustais e ausência de magmatismo orogênico. Nas unidades supracrustais, o limite oriental do domínio tectônico externo é balizado pela fronteira leste do Grupo Macaúbas. Entretanto, no embasamento (a exemplo do Bloco Guanhães) esse limite se situa mais a oeste, onde estão expostos níveis crustais profundos que foram envolvidos na Orogênese Brasiliana (UHLEIN et al., 2012).

Figura 9 – Mapa estrutural da bacia do rio Doce.



Fonte: Modificado do mapa do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (2004a, 2004b, 2004c, 2004d), mapeamento realizado na escala 1:1.000.000.

Figura 10 – Mapa dos domínios geotectônicos com destaque para a região aproximada da bacia do rio Doce.



Fonte: Alkmim e Marshak (1998).

A Faixa Brasília compreende um cinturão de dobramentos de idade Neoproterozoica que ocorre na borda ocidental do Cráton do São Francisco, cobrindo partes dos estados de Tocantins, Goiás e Minas Gerais. Possui aproximadamente 1.200 km de comprimento por 300 km de largura. A Faixa Brasília mostra uma evolução complexa e possivelmente diacrônica. A porção meridional é o resultado da interação entre os crátons do São Francisco e Paranapanema. A porção setentrional, por outro lado, registra a interação entre os crátons do São Francisco e Amazônico. Nesse processo orogênico, houve ainda o envolvimento de outras unidades tectônicas, como o Maciço de Goiás, arcos magmáticos neoproterozoicos e sequências sedimentares messo-neoproterozoicas (UHLEIN et al., 2012).

A Faixa Brasília se desenvolveu no flanco oeste e sul do Cráton São Francisco durante o ciclo Orogênico Brasiliano (ALMEIDA, 1977; ALMEIDA et al., 1981; PIMENTEL et al., 2001; DARDENNE, 2000; UHLEIN et al., 2012). Na sua porção norte, possui direção aproximadamente N-S e extensão acima de 1.100 km e, ao sul, as estruturas mudam significativamente e passam a ter direção E-W. Segundo Pimentel et al. (2001), o embasamento da Faixa Brasília é constituído por rochas siálicas retrabalhadas no Paleoproterozoico. Exposto principalmente nas regiões de Almas-Cavalcante e Anápolis, o embasamento é interpretado como a porção mais ocidental do continente São Francisco que foi envolvido na Orogenia Brasiliana.

O Cráton do São Francisco é, em grande parte, resultado do retrabalhamento, em eventos posteriores de um maior e mais antigo núcleo estável, denominado Cráton Paramirim, de idade Pré-Transamazônica (ALMEIDA et al., 1981). Durante o Evento Brasiliano (640-450 ma), foram geradas faixas de dobramento que hoje margeiam e definem a forma do Cráton do São Francisco.

2.1.3.3 Geologia Local

2.1.3.3.1 Quadrilátero Ferrífero

Especificamente, no que se refere à linha-base, considerando que tanto o minério quanto seus subprodutos e, consequentemente, o rejeito estão diretamente ligados à geologia, principalmente no que concerne à rocha fonte e sua respectiva composição e quimismo, considera-se fundamental o seu entendimento, assim como os processos de beneficiamento associados para que se possa compreender os seus produtos e fazer uma adequada análise ambiental.

De acordo com Costa et al. (2001), as reservas da Samarco Mineração estão localizadas no chamado Complexo Alegria, localizado na porção leste do Quadrilátero Ferrífero, fazendo parte do Sinclinal de Alegria, estrutura formada por rochas do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas (Figura 11).

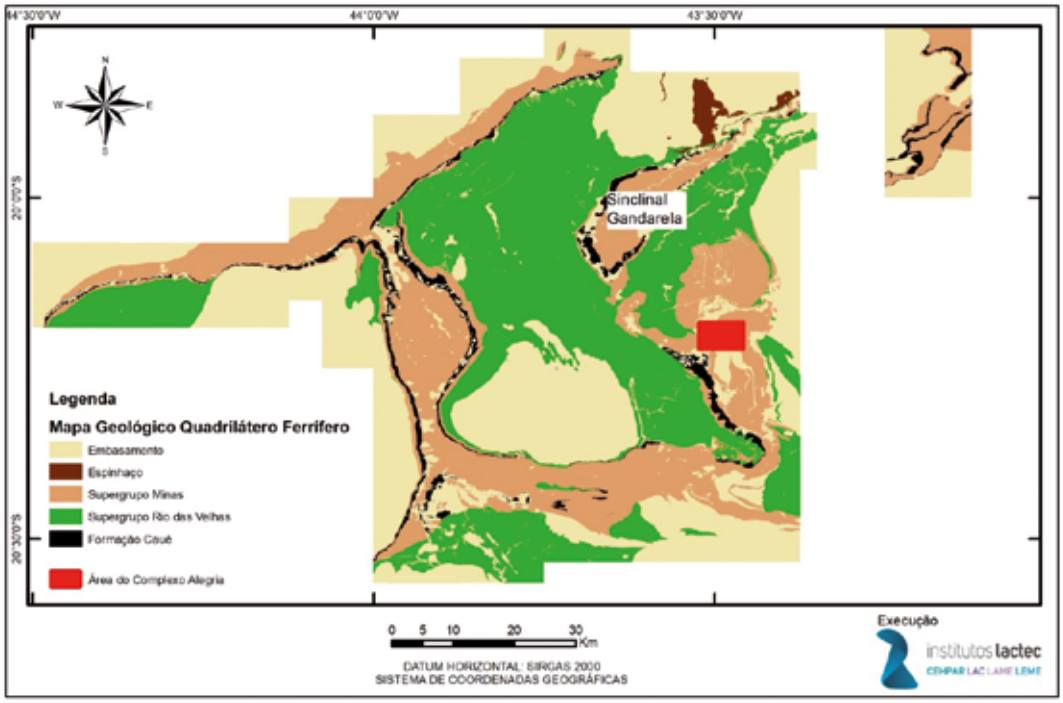
O QF compreende, em linhas gerais, três grandes conjuntos de unidades rochosas: os complexos metamórficos de idade Arqueana, uma sequência metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt* de idade Arqueana, correspondente ao Supergrupo Rio das Velhas, além de rochas supracrustais de idade Paleoproterozoica do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi (DORR, 1969; NOCE , 1995; MACHADO et al., 1996; ENDO; CARNEIRO, 1996; ALKMIM; MARSHAK, 1998).

O Quadrilátero Ferrífero se estende por uma área aproximada de 7.000 km^2, na porção central do estado de Minas Gerais, e representa uma região geologicamente importante devido a suas riquezas minerais, principalmente ouro, ferro e manganês.

Segundo Dorr et al. (1959), o Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais foi assim denominado por Gonzaga de Campos, devido aos vastos depósitos de minério de ferro que ocorrem numa área limitada aproximadamente por linhas que ligam Itabira, Rio Piracicaba, Mariana, Congonhas do Campo, Casa Branca e Itaúna. É uma geoprovíncia auriferrífera historicamente reconhecida, constituindo uma clássica região da geologia Pré-Cambriana mundial, na qual se concentram as mais importantes jazidas de ferro de Minas Gerais (BARBOSA et al., 1966) e do Brasil.

A geologia do Quadrilátero Ferrífero é bastante complexa. Há no mínimo três séries de rochas, de origem vulcanossedimentar, metamorfizadas em diferentes graus e separadas por discordâncias marcantes. As rochas dessa área encontram-se intensamente dobradas e falhadas.

Figura 11 – Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, na escala 1:25.000.



Fonte: Com base no mapa CPRM (1994).

O embasamento compreende rochas cristalinas, que ocorrem na forma de estruturas dômicas que pontuam a região do QF (ROSSI, 2014). Para esse autor, os complexos são constituídos por rochas gnáissicas polideformadas de composição tonalítica a granítica e, subordinadamente, por granitos, granodioritos, anfibolitos e intrusões de rochas de natureza máfica e ultramáfica (HERZ, 1970; CORDANI et al., 1980; CARNEIRO, 1992).

O Supergrupo Rio das Velhas compreende rochas metavulcânicas e metassedimentares que caracterizam o *greenstone belt* de idade Arqueana, dispõe-se tectonicamente sobre as rochas dos complexos metamórficos (DORR, 1969; SCHORSCHER, 1978; SCHORSCHER et al., 1982; LADEIRA, 1980). Esse supergrupo é dividido em Grupo Nova Lima, constituído por basalto toleítico-komatítico, unidade vulcânica com rochas sedimentares associadas, uma unidade vulcanoclástica sobrejacente com vulcanismo félsico associado e uma unidade clástica superior (BALTAZAR; ZUCHETTI, 2007). Já o Grupo Maquiné sobrepõe-se ao Grupo Nova Lima ao longo de uma discordância angular e é composto pela Formação Casa Forte superior e Formação Palmital inferior (BALTAZAR; ZUCHETTI, 2007).

Para Dorr (1969) e Alkmim e Marshak (1998), o Supergrupo Minas é uma sequência metassedimentar de idade Paleoproterozoica constituída predominantemente por sedimentos plataformais clásticos e químicos. O contato com a unidade subjacente, o Supergrupo Rio das Velhas, é estruturalmente discordante (DORR, 1969). Esse supergrupo é divido em quatro grupos (da base para o topo): Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará. A estratigrafia desse supergrupo pode ser dividida em duas sequências: a primeira sequência entre fluvial deltaica e marinha plataformal, que é representada pelos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba; e a segunda sequência que inclui os depósitos marinhos do Grupo Sabará (ROSIÈRE; CHEMALE JR., 1991).

O Grupo Caraça, essencialmente clástico, apresenta a Formação Moeda composta por metaconglomerados, quartzitos, filitos, quartzitos de grãos finos a grosso, com conteúdo variáveis de sericita e muscovita, e a Formação Batatal composta por filito sericítico e, subordinadamente, por metacherte, formação ferrífera e filito grafitoso (DORR, 1969). O Grupo Itabira é composto, predominantemente, por rochas químicas e caracterizado por uma sequência, predominantemente, marinha e de ambiente raso. O grupo é dividido entre formações Cauê, inferior, e Gandarela, superior. O contato da Formação Cauê com Batatal é gradacional e apresenta itabirito, itabirito dolomítico, itabirito anfibolítico e pequenas lentes de xistos, filitos e margas. Já a Formação Gandarela é constituída por margas, filito dolomítico, dolomito ferruginoso e filitos (DORR, 1969).

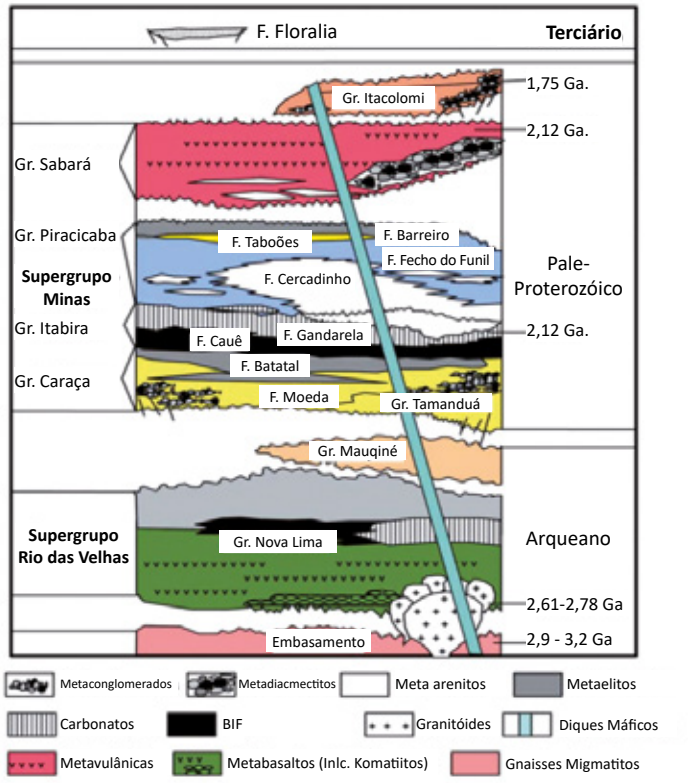
O Grupo Piracicaba, composto por rochas clásticas e químicas, é dividido em: Formação Cercadinho, composta por quartzitos, quartzitos ferruginosos, filitos ferruginosos e dolomíticos, e dolomitos; Formação Fecho do Funil, composta por filitos dolomíticos, filitos e dolomitos impuros; Formação Taboões, composta por ortoquartzitos finos e equigranulares; e a Formação Barreiro, com filitos e filitos grafitosos (DORR, 1969). O Grupo Sabará, composto por rochas sedimentares e vulcanogênicas intercaladas, apresenta clorita e biotita xistos, metagrauvacas, quartzitos, quartzitos feldspáticos, formações ferríferas, itabiritos e metaconglomerados com matacões e seixos de dolomitos (DORR, 1969).

Já o Grupo Itacolomi, também definido por Dorr (1969), é uma unidade encontrada no topo da sequência. É constituído, essencialmente, por quartzitos e, subordinadamente, de metaconglomerados de origem continental. As rochas intrusivas Pós-Minas foram mapeadas por Herz (1970) cortando as rochas do Supergrupo Minas e embasamento. Constituem diques máficos de direção N-NW. Dorr (1969) atribui às rochas metaultramáficas (*greenschists*), que afloram a leste da Serra do Caraça, uma idade Pós-Minas, as quais, posteriormente, foram interpretadas por Schorscher (1978) como corpos pertencentes ao *greenstone* Rio das Velhas e denominadas de Grupo Quebra Osso.

Por fim, na porção leste do QF, as rochas de idade Cenozoica são recobertas por canga dura ou laterita ferruginosa. Essas rochas correspondem a siltitos arenosos, arenitos grossos e brechas da Formação Fonseca, arenitos avermelhados e diamictitos da Formação Cata Preta (CASTRO; FERREIRA; CASTRO, 1998a, 1998b), e paleodepósitos estratificados, laterizados, compostos por seixos polimíticos, arredondados e de vários tamanhos, denominados de Formação Chapada de Canga (SANT'ANNA, 1994).

A formação ferrífera bandada encontra-se na Formação Cauê do Grupo Itabira, pertencente ao Supergrupo Minas. Estão presentes nessa formação diversos tipos de itabirito, outros materiais ferruginosos como cangas, brechas e hematitas compactas, e ainda rochas não ferruginosas como quartzitos, filitos, filitos dolomíticos, xistos e metabasitos (ALKMIM; MARSHAK, 1998), conforme coluna litoestratigráfica da Figura 12.

Figura 12 – Coluna estratigráfica proposta para o Quadrilátero Ferrífero.



Fonte: Alkmim e Noce (2006).

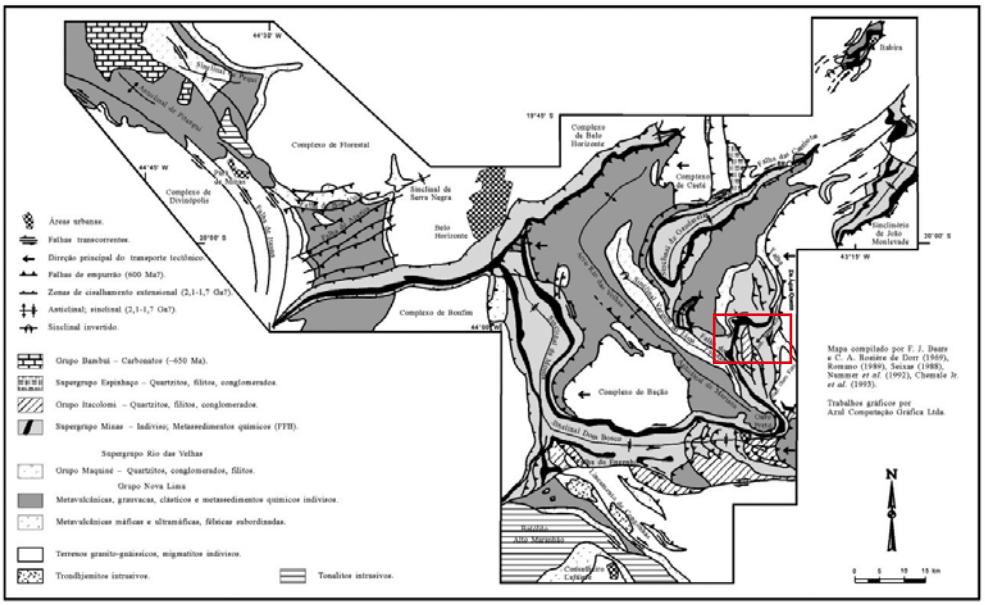
Do ponto de vista geotectônico, o Quadrilátero Ferrífero está inserido no Cráton São Francisco (ALMEIDA, 1977) e corresponde a um fragmento crustal polpado, em parte, da Orogênese Brasiliana.

A região do QF apresenta dois grupos de famílias de estruturas geradas em dois períodos orogenéticos principais: o período Transamazônico, que foi responsável pela geração de megadobras da região, sob condição de metamorfismo regional, e o período Brasiliano, que foi responsável pelos redobramentos e falhamentos, além de sistemas de cavalgamentos, sob condição de metamorfismo regional (Figura 13) (MARSHAK; ALKMIM, 1989; CHEMALE JR.; ROSIÈRE; ENDO, 1992; ROSIÈRE et al., 1996).

Atualmente, o QF tem sido dividido em dois maiores domínios tectônicos, a região oriental, que é considerada como um domínio de alta tensão com desenvolvimento da zona de cisalhamento generalizada e estruturas difundidas; e a região ocidental, que apresenta um grau de deformação baixo com sinclinais preservados e estruturas primárias reconhecíveis (ROSIÈRE et al., 2001).

Segundo Dorr (1969), a estrutura tectônica do Sinclinal Gandarela é seccionada pela falha do Fundão na sua porção sudeste e central, e com afloramentos dos grupos Itabira e Sabará. Apresenta metassedimentos do Supergrupo Minas e está em contato com o Grupo Nova Lima, pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas, e com embasamento composto por rochas graníticas do Complexo Metamórfico Caeté (OLIVEIRA; ENDO; OLIVEIRA, 2005). O sinclinal se orienta segundo a direção NE-SW, com estilos estruturais diferentes a nordeste e sudoeste. No segmento sudoeste, o traço se bifurca para o sul com caimento para norte e oeste. Já no outro segmento, o outro caimento é para SW (DORR, 1969).

Figura 13 – Imagem do mapa estrutural e estratigráfico do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. Em destaque, encontram-se a região e as adjacências da mina da Samarco.



Fonte: Rosière et al. (1996).

A Formação Cauê pertencente ao Grupo Itabira é conhecida como o gigante depósito de minério de ferro hospedado do QF (SPIER et al., 2006), sobrepõe a Formação Batatal e é sobreposta pela Formação Gandarela, ambas em contato de natureza transicional (DORR, 1969). Devido ao comportamento plástico das Formações Ferríferas Bandadas (FFB) da Formação Cauê durante o processo de deformação que afetou o QF, a espessura dessa unidade em diversas partes do QF excede a 1.500 m (AMORIM; ALKMIM, 2011).

A Formação Cauê (DORR, 1958) é uma sequência composta por FFB do tipo Lago Superior metamorfizadas de baixo a médio grau (itabiritos), hematita-filitos, filitos dolomíticos e mármores. Segundo Amorim e Alkmim (2011), há quatro tipos de itabiritos hospedados na Formação Cauê: silicoso, dolomítico, anfibolítico e magnetítico.

Os diferentes tipos de óxido de ferro presentes nessa formação seguem uma sequência paragenética (do estágio mais velho para o mais novo): magnetita, kenomagnetita, martita, hematita granoblástica recristalizada, hematita microtabular de granulometria fina e hematita especular hospedada na zona de cisalhamento (HENSLER, 2013).

Mendes (2012), ao realizar estudos em formações ferríferas da região do QF, concluiu que, no domínio oeste com menor grau de deformação e menores temperaturas, as fáceis óxido apresentam a magnetita como mineral predominante e que, à medida que segue para os domínios central e leste com maior grau de deformação e maiores temperaturas, a quantidade de hematita e o tamanho desses grãos aumentam.

Além das formações ferríferas, no Supergrupo Rio das Velhas, ocorrem ainda as principais jazidas de ouro, especialmente nas rochas do Grupo Nova Lima. Os corpos sulfetados mineralizados, nesse caso,

geralmente se concentram em zonas de cisalhamento com intensa alteração hidrotermal. A paragênese de sulfetos geralmente inclui pirita (FeS_2), arsenopirita (FeAsS) e calcopirita ($CuFeS_2$). Mineralizações secundárias de ouro elementar são, também, encontradas em zonas de falhamentos dentro dos itabiritos do Supergrupo Minas (DARDENNE; SCHOBBENHAUS, 2003; ROESER; ROESER, 2010).

Diversos trabalhos têm sido publicados relatando o impacto de metais liberados no ambiente, as condicionantes geoquímicas de sua mobilidade, e seus efeitos sobre a biota e a saúde humana, principalmente em relação ao arsênio, em função de sua forte associação com as mineralizações de ouro do quadrilátero e de sua reconhecida toxicidade. Outros metais, como Ag, Sb, Cu, Pb e Zn, também se encontram presentes nessas associações (BORBA, 2002), além obviamente do Fe, Mn, Ba, Hg e outros elementos-traço que também têm sido objeto de investigação de muitos estudos.

Para o escopo do trabalho em questão, dado que a barragem de rejeito se situa no QF, cortada pela falha de Fundão e inserida no Sinclinal Gandarela, eventual contaminação dos aquíferos subterrâneos estaria principalmente associada a essas estruturas presentes, de tal forma que será dada maior ênfase à descrição e caracterização da geologia estrutural dessa região.

A estrutura regional é o resultado da superposição de dois eventos deformacionais principais (CHEMALE JR.; ROSIÈRE; ENDO, 1994). O primeiro produziu a nucleação de sinclinais regionais nas supracrustais e o soerguimento de domos granito-gnáissicos durante a Orogênese Transamazônica (2.1 – 2.0 Ga). O segundo evento está relacionado a um cinturão de cavalgamentos vergente para oeste de idade Pan-Africana/Brasiliana (0.8 – 0.6 Ga), que provocou inversão, amplificação, translação e rotação dos sinclinais em torno das estruturas dômicas.

Essa evolução tectônica está relacionada a um zonamento metamórfico superposto em auréolas térmicas em torno dos domos (HERZ, 1978; MARSHAK; ALKMIM; JORDT-EVANGELISTA, 1992) com o crescimento de porfiroblastos de clorita, biotita, granada, cianita, estaurolita, cordierita e silimanita em uma transição de temperaturas baixas a altas. Quanto ao metamorfismo, Herz (1978) definiu três zonas principais (clorita, biotita e estaurolita) com temperaturas de equilíbrio crescentes para leste e que variam entre, aproximadamente, 300 °C e 600 °C. O zonamento metamórfico é acompanhado por um gradiente deformacional, de modo que é possível separar o QF em dois domínios estruturais principais (ROSIÈRE et al., 2001):

- **Domínio de Baixa Deformação (DBD)**, que cobre principalmente as zonas metamórficas da grunerita (GZ) e cummingtonita (CZ) (PIRES, 1995) com megassinclinais bem preservados como principais estruturas regionais. Zonas de cisalhamento descontínuas e falhas de cavalgamento relacionadas ao segundo evento tectônico intersectam as estruturas megascópicas. Nos itabiritos estão preservadas diversas estruturas de origem sedimentar e diagenética, tais como o meso e microbandamento, formados por compactação diferencial e pisólitos (BEUKES, 1980).
- **Domínio Oriental de Alta Deformação (DAD)**, que cobre principalmente as zonas metamórficas da actinolita (AZ) e da tremolita-antofilita (TAZ) (PIRES, 1995) e é dominado por cavalgamentos e zonas transcorrentes (ROSIÈRE et al., 1997), gerando dobras apertadas a isoclinais e espessas zonas de milonitização. Evidências de retrometamorfismo de ocorrência descontínua estão aparentemente associadas às fases finais da tectônica compressiva (CHEMALE JR.; ROSIÈRE; ENDO, 1994).

Os granitos foram gerados em duas fases distintas relacionadas às duas fases orogenéticas. A primeira granitogênese, transamazônica, desenvolveu-se de forma modesta dentro do QF, sendo os efeitos de metamorfismo térmico (fácies anfibolito) na região, de idade entre 2.04 e 2.06 Ga, associados à fusão parcial do embasamento Arqueano e geração de pegmatitos (MACHADO et al., 1992; NOCE, 1995). Plútons granitoides Transamazônicos de idades 2.62 – 2.48; 2.43 e 2.27 – 2.30 Ga (NOCE et al., 2000) são encontrados principalmente ao sul da Falha do Engenho, sendo provavelmente alguns deles com elevado grau de aloctonia (CHEMALE JR.; ROSIÈRE; ENDO, 1994).

Na parte leste do QF, ocorrem ainda metagranitos caracterizados genericamente como do tipo Borrachudo, de origem crustal, com idades U-Pb de 1.670 +/- 32 Ma para zircões e 1.351±6 Ma para titanitas sintectônicas, e idade modelo TDM = 3.72 Ga (CHEMALE JR; QUADE; VAN SCHMUS, 1997), obtida a partir de dados Sm-Nd de rocha total. Essas idades sugerem que tais granitos são originados de fusão da crosta inferior Arqueana, cristalizados durante o magmatismo sin-rifteamento da bacia Espinhaço e metamorfizados sintectonicamente durante o Neoproterozoico, provavelmente numa fase precoce do ciclo Brasiliano (CHEMALE JR; QUADE; VAN SCHMUS, 1997).

A análise integrada desses dados servirá de subsídios para os estudos subsequentes, principalmente no que se refere à eventual reativação de estruturas geológicas e, consequentemente, identificação das feições estruturais favoráveis à possível infiltração, circulação e armazenamento de fluidos contaminantes. Considerações acerca da eventual presença desses fluidos associada às falhas geológicas encontram-se descritas no item referente a águas subterrâneas.

2.1.3.3.2 Geologia da área fonte e adjacências

Para caracterização dos aspectos geológicos da linha-base, principalmente daqueles relacionados às mineralizações de ferro e suas encaixantes, dado que, conforme mencionado, essas rochas justamente correspondem às áreas fontes das principais drenagens afluentes do rio Doce e são também as rochas exploradas pela mineração Samarco, este subitem contém tanto dados de revisão bibliográfica quanto aqueles obtidos a partir de vistorias técnicas, de campo.

Conforme já mencionado, as minas de minério de ferro da empresa Samarco Mineração S.A. fazem parte do Complexo de Alegria, localizado nos municípios de Mariana e Ouro Preto, no extremo leste do Quadrilátero Ferrífero (ROCHA; BRANDÃO; CHISTE, 2009). Os minérios são representados por itabiritos da Formação Cauê do Grupo Itabira do Supergrupo Minas, de idade Proterozoica. As encaixantes são essencialmente filitos na base, pertencentes ao Grupo Caraça, e por quartzitos do Grupo Piracicaba, no topo.

Os principais minerais de ferro dos itabiritos de Alegria são em ordem decrescente: 1) hematita, que ocorre principalmente sob a forma de martita (pseudomorfos octaédricos da magnetita, produto de sua oxidação) e, em menor proporção, sob a forma lamelar ou especular; 2) goethita, que está presente principalmente sob as formas botrioidal, maciça, fibrosa (pseudomórfica de anfibólios) e terrosa; e 3) magnetita (euédrica a subédrica), que está normalmente em processo de martitização e apresenta-se em menor proporção que os demais. O quartzo é um dos principais minerais constituintes dos itabiritos e é o principal mineral do estéril. Além do quartzo podem ser encontrados, em pequena proporção, argilominerais (caulinita e gibbsita) e traços de micas. O quartzo encontra-se recristalizado, normalmente anédrico e associado aos minerais de ferro.

De acordo com Schwertmann e Taylor (1977), nos óxidos e oxihidróxidos de Fe, o Fe_3+ na posição octaédrica pode ser parcialmente substituído por outros cátions metálicos trivalentes de tamanho similar, tais como Al_3+, Mn_3+e Cr_3+, sem modificação da estrutura (substituição isomórfica). Outros cátions, tais como Ni, Ti, Co, Cu e Zn podem também ser incorporados na estrutura dos óxidos/oxihidróxidos de ferro. De acordo com Rocha (1997), é comum que a goethita apresente quantidades variáveis de SiO_2 e Al_2O_3 dentro de sua estrutura cristalina, bem como de outros elementos, tais como o P, Ti, Mn, Cl, Mg e K. Assim, fica evidente a suposição de que elementos-traços encontrados em amostras contendo goethita em abundância devam estar localizados, principalmente, na estrutura desses minerais.

Hial Filho (2013), ao estudar afloramentos da Formação Cauê na região do Sinclinal Gandarela, situado um pouco a norte da frente de lavra do Complexo Alegria, determinou um percentual médio de 65,04 de Fe_2O_3 e 32,32 de SiO_2 nas amostras analisadas, sendo a soma de Fe e Si de 97,36%. A soma encontrada apresenta um valor elevado em relação às outras FFB do mundo, aproximando-se da de Carajás (MACAMBIRA; SCHRANK, 2002), que chega próximo de 98%. Ainda para esse autor o enriquecimento de Fe e o baixo teor de Si encontrados nas amostras do topo da Formação Cauê indicam que a região sofre intemperismo, ocorrendo lixiviação da sílica e remobilização do Fe, gerando grandes concentrações. Já os outros óxidos determinados MgO, CaO, MnO e TiO_2, P_2O_5 e Al_2O_3 apresentaram valores muito baixos e sem grandes variações, porém algumas dessas variações apresentaram-se diretamente proporcionais e podem indicar o processo de lixiviação e permanência dos óxidos.

Alkmim (2014) realizou estudos mineralógicos e geoquímicos em diferentes tipos de itabirito (itabirito goethítico friável, itabirito silicoso contaminado friável, itabirito silicoso semicompacto e itabirito silicoso compacto) da Formação Cauê, da região da Serra do Gandarela (QF). Ao longo do perfil estudado, foi observado que a concentração de SiO_2 aumentava com o aumento da profundidade e em contrapartida havia uma diminuição dos elementos-traços.

Rosière et al. (2001), tratando com maior especificidade o mineral magnetita, já reafirmam que durante o metamorfismo e deformação há uma tendência de aumento da oxidação da magnetita à medida que esses parâmetros também crescem.

Lagoeiro (1998) descreve como se processam essas transformações e seus controles, ao estudar amostras de formações ferríferas da porção extremo leste do Quadrilátero Ferrífero. Segundo o autor, essas hematitas provenientes da oxidação de magnetitas pretéritas cresceriam segundo uma base composta pelos átomos de oxigênio do retículo cúbico do espinélio inverso da magnetita. Através desse aproveitamento, prevê-se que os polos dos planos octaédricos da magnetita coincidam com o eixo cristalográfico da hematita, que cresce segundo essa base. O principal processo, portanto, que controla o desenvolvimento de microestruturas nas rochas de formações ferríferas do QF, é a variação mineralógica dentro do sistema Fe-O (ROSIÈRE; CHEMALE JR., 1991).

No que se refere à geologia estrutural, a área da Samarco está inserida na megaestrutura denominada Sinclinal de Alegria. Essa dobra, de escala regional, possui superfície axial subvertical, com direção aproximadamente E-W e eixo para E-SE. Vale mencionar que a mina Alegria Norte se encontra situada na zona de charneira, no flanco norte dessa estrutura. Já as minas Alegria Sul e Alegria Centro se estabelecem no flanco sul. Segundo Januzzi e Alkmim (1989) e Chemale Jr., Rosière e Endo (1994), as falhas de empurrão de traço curvo rotacionaram e comprimiram os metassedimentos do Supergrupo Minas no Sinclinal Santa Rita sobre o maciço quartzítico do Caraça, formando o Sinclinal de Alegria.

Para Chemale Jr., Rosière e Endo (1994), a principal estrutura planar ocorrente no Sinclinal de Alegria corresponde à feição resultante da forte deformação rotacional em regime dúctil, sob condições metamórficas fácies xisto verde a anfibolito. É uma feição persistente e onipresente, constituída por uma sucessão de faixas paralelas ou anastomosadas, com espessuras milimétricas a decimétricas de diferentes composições mineralógicas ou texturais, denominada foliação Sn. Em geral, os contatos entre os litotipos estão paralelizados à foliação Sn. Esses tipos litológicos ocorrem como lentes e corpos tabulares com *trends* NE-SW e W-E na cava Alegria Norte, e *trend* geral N-S nas cavas Alegria Sul e Alegria Centro, com variações locais.

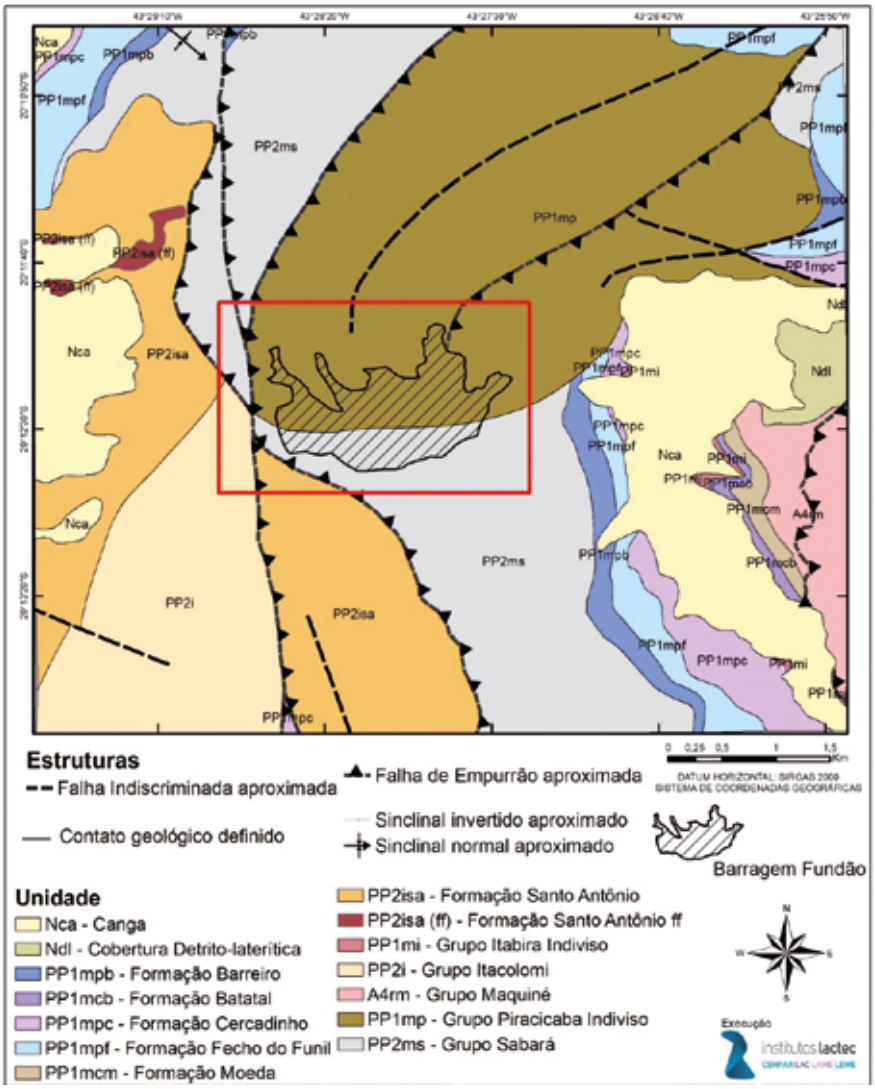
Conforme o levantamento geológico-geotécnico, realizado pela Pimenta de Ávila Consultoria, no documento de denúncia pelo Ministério Público Federal (MPF):

> Geologicamente o córrego do Fundão está localizado na borda leste do Quadrilátero Ferrífero, no flanco leste do Sinclinal de Santa Rita... Com relação à geologia estrutural, o flanco leste do Sinclinal de Santa Rita é invertido, cortado por falhas reversas com traços curvos, o que faz com que as unidades estratigráficas sejam pouco espessas. As estruturas principais referem-se às falhas, de direções predominantemente NE-SW e N-S (a oeste do sinclinal), e à foliação, com mergulho variável em torno de 50ºNE a subvertical. (PIMENTA DE ÁVILA CONSULTORIA *apud* MPF, 2018, pág. 77).

A partir de vistoria técnica de campo, realizada em julho de 2017, verificou-se que as rochas aflorantes nas Minas de Alegria Sul e Norte caracterizam-se por itabiritos e quartzitos ferruginosos, friáveis a muito friáveis (Figura 14), razão pela qual o processo de lavra é realizado essencialmente a partir de maquinário para escarificação (retroescavadeiras), de forma que raramente são realizados desmontes com explosivos.

Nas áreas do complexo Alegria (Figura 15), esses itabiritos variam entre dolomíticos e quartzíticos, enquanto que nas proximidades de Fundão é comum a intercalação com xistos e filitos. Principalmente nos filitos, nota-se uma clivagem de crenulação marcante, caracterizada por uma lineação mineral (Figura 16).

Figura 14 – Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero na escala 1:25.000, com destaque em vermelho à área referente à barragem de Fundão.



Fonte: Modificado de CPRM (1994).

Figura 15 – Itabiritos da frente de lavra da mina Alegria Sul – Samarco.

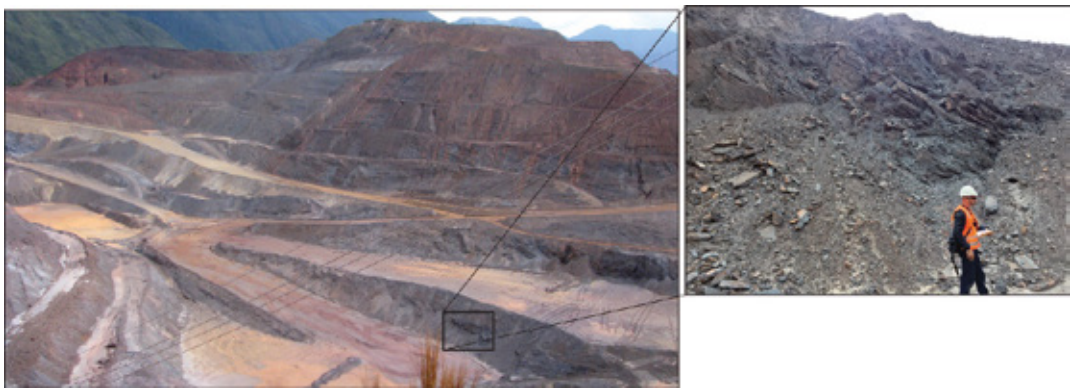
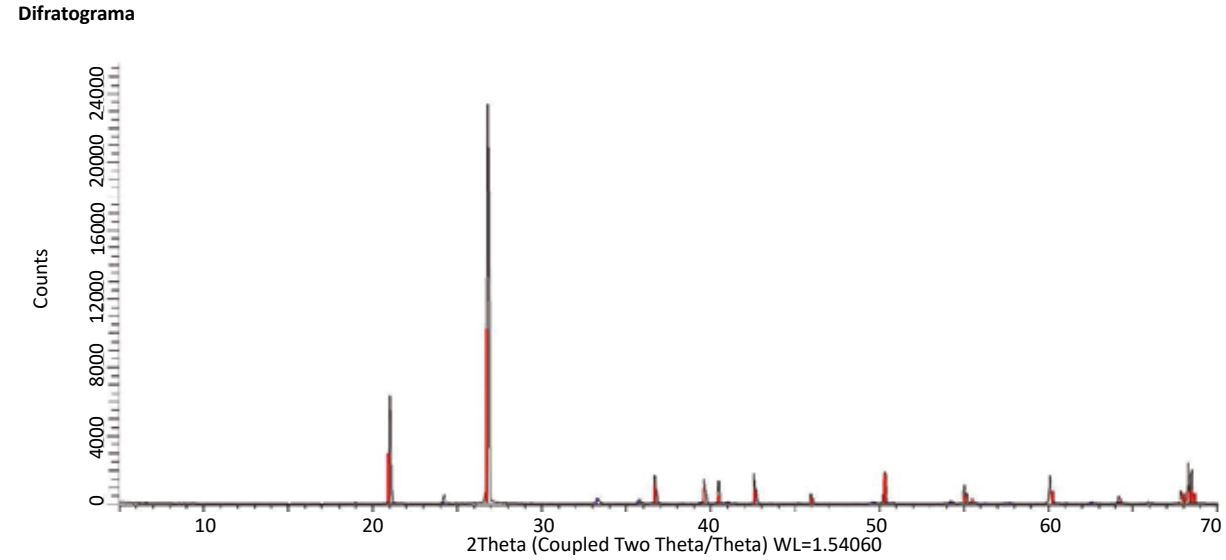


Figura 16 – Filitos sericíticos, crenulados e com foliação marcante.



Com o objetivo de correlacionar a rocha-fonte do ponto de vista mineralógico e químico com o rejeito gerado pelo beneficiamento, foram coletadas, preliminarmente, amostras junto às frentes de lavra das minas Alegria Sul e Norte. Com a amostra da Alegria Sul, foram realizados os ensaios de Difratometria de Raio X (DRX) (Figura 17, Apêndice B e ANEXO A), Fluorescência de Raio X (FRX) (Tabela 2 e ANEXO B), e MEV/EBSD (Figura 18). A composição química por FRX predominantemente da Alegria Sul é de óxido de ferro e sílica e alumínio. Os resultados dos ensaios de DRX para a amostra da mina Alegria Sul indicam que os principais minerais constituintes da rocha são hematita e quartzo.

Figura 17 – Difratograma do itabirito da rocha da mina da Alegria Sul.



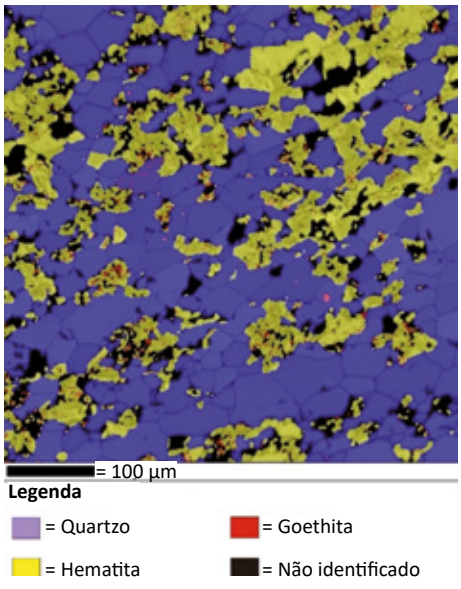
Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase Química
	Quartzo	SiO_2
	Hematita	Fe_2O_3

Tabela 2 – Resultados obtidos para a caracterização química elementar por FRX da rocha coletada na mina Alegria Sul, expressas na forma de óxidos.

Amostra	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	P_2O_5 (%)	Perda ao Fogo (%)
Rocha Alegria Sul (M)	64,9	33,8	0,7	< 0,1	0,44

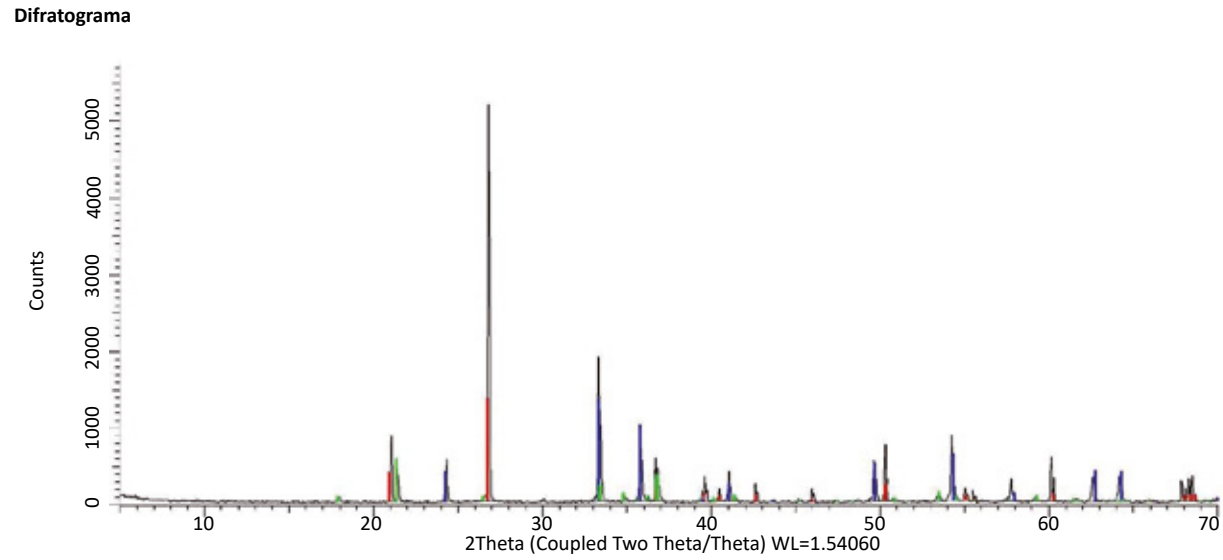
Figura 18 – Análise da amostra de rocha coletada na frente de lavra da mina Alegria Sul, com identificação das fases mineralógicas principais por EBSD.



Conforme pode ser verificado na Figura 19 a amostra de rocha apresentou a ocorrência das fases químicas quartzo (53,2%), hematita (21,3%) e goethita (3,3%), não sendo possível a indexação de 22,2% dos compostos presentes, o que pode ser relativo aos contornos de grão e ocorrência de fases não cristalinas.

Com a amostra da mina Alegria Norte, foi realizado o DRX no Lactec e Lamir (Apêndice C e ANEXO C) e MEV/EDS. Os resultados de DRX indicam mineralogia constituída por hematita, quartzo e goethita (Figura 19) que são compatíveis com as formações ferríferas bandadas – Itabirito.

Figura 19 – Difratograma do itabirito da rocha da mina da Alegria Norte.

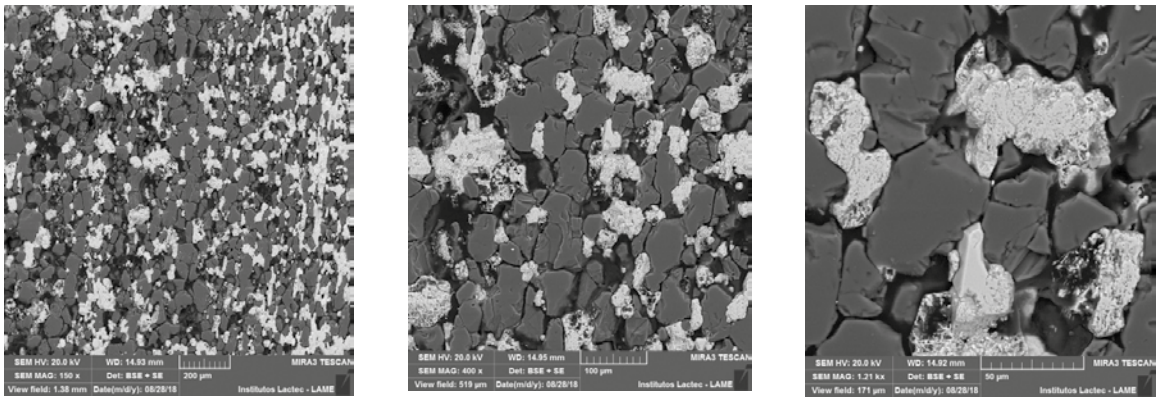


Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase Química
	Quartzo	SiO_2
	Hematita	Fe_2O_3
	Goethita	FeO(OH)

Para a rocha proveniente da mina Alegria Norte, os dados químicos semiquantitativos obtidos por MEV/EDS (Figura 20) indicam a predominância de ferro e sílica, subordinados por alumínio e cromo. As fotomicrografias desse itabirito são apresentadas na Figura 20, com aumentos respectivos de 150x, 400x e 1.200x. Os minerais de cloração mais escura são representados por presença de sílica, enquanto os minerais mais claros pela presença de ferro.

Figura 20 – Fotomicrografias de itabirito da mina Alegria Norte com aumento de: A) 150x, B) 400x e C) 1.200x.



A B C

Nessas frentes de lavra, além do aspecto friável já relatado, esses itabiritos apresentam-se intensamente fraturados e dobrados. Há uma foliação marcante que, embora apresente diferentes controles estruturais, possui mergulho predominantemente para os quadrantes S-SE e direção NE-SW (Figura 21 e Figura 22).

Figura 21 – Itabirito aflorante em porção da frente de lavra da mina Alegria Norte.



Figura 22 – Vista geral da lavra da mina Alegria Norte.



Além da área da mina, para a caracterização da linha-base, foram vistoriados também outros afloramentos rochosos como subsídio à caracterização geológica e geomorfológica. Além das amostras das minas, foram também coletadas amostras de sedimentos em áreas não antropizadas para a caracterização do *background* natural. Os resultados dessas amostras e respectivas correlações geoquímicas encontram-se no relatório de Águas Continentais – Zona Bêntica.

Foram também coletadas amostras de rocha ao longo do traçado dos afluentes a montante do rio Doce, principalmente no trecho entre Fundão e a UHE Risoleta Neves, para posterior correlação com os dados de solos e sedimentos. Nas proximidades da mina de Timbopeba (Vale), foram identificados afloramentos de quartzitos ferruginosos, com bandamento marcante, localmente dobrados e igualmente friáveis (Figura 23). Ainda nessa região, ocorrem afloramentos de canga, como os descritos por Sant'Anna (1994). Nessa mesma região ocorre uma frente abandonada de lavra de manganês, onde pode-se identificar a estrutura remanescente.

Figura 23 – A) Afloramento de quartzito ferruginoso com bandamento marcante e B) Dobras mapeadas no quartzito.



A **B**

Figura 24 – Afloramento de canga nas proximidades da mina da Timbopeba. A) Crostas lateríticas; B) Afloramento de canga em drenagens e C) Afloramento de canga na região mapeada.



A



B



C

Figura 25 – A) Mina de manganês situada na região da mina da Timbopeba e B) Estrutura da antiga planta da mina.



A



B

2.1.3.4 Geomorfologia

O entendimento do relevo é uma das premissas fundamentais para a compreensão do meio físico, uma vez que ele reflete as interações ocorridas ao longo do tempo envolvendo, sobretudo, o clima, a geologia, os processos tectônicos impostos e declividades. O estudo das condicionantes geomorfológicas tem, justamente, a intenção de compreender essas combinações e interferências que o relevo mantém com os demais componentes da natureza, com relevante interesse à proposição do estabelecimento das vulnerabilidades e das fragilidades ambientais.

De acordo com Baccaro et al. (2004), o relevo constitui um elemento importante na organização das paisagens ainda preservadas e daquelas modificadas pelas atividades humanas, e seu estudo busca compreender sua dinâmica, isto é, as transformações que ocorrem ao longo do tempo e no espaço, a partir de uma perspectiva morfogenética.

No que diz respeito à caracterização da linha-base, o compartimento geomorfológico mais expressivo da bacia do rio Doce é, inegavelmente, o quadrilátero ferrífero, não só porque é uma feição de fácil identificação em imagens de satélites, mas principalmente devido à sua importância econômica, já que concentra diversos bens minerais. O limite sudoeste da bacia com o Quadrilátero Ferrífero marca um divisor tríplice de águas com as bacias hidrográficas do rio Paraíba do Sul a sul, com a bacia do rio Grande a sudoeste e com a bacia do rio São Francisco a oeste.

Outras feições geomorfológicas importantes, que integram e limitam o QF, são a Serra do Gandarela, importante manancial que abastece as bacias do rio Doce e do São Francisco e um dos últimos remanescentes intactos do QF. Nela são encontrados biomas como Mata Atlântica, Cerrado e ainda os campos rupestres ferruginosos, conhecidos também como vegetação de canga, típica de locais onde há mineralização de ferro (Figura 26 e Figura 27).

Figura 26 – Relevo, drenagens e vegetação característica de solos poucos espessos provenientes de terrenos com presença de canga na Serra do Gandarela e feições resultantes das dobras do sinclinal.

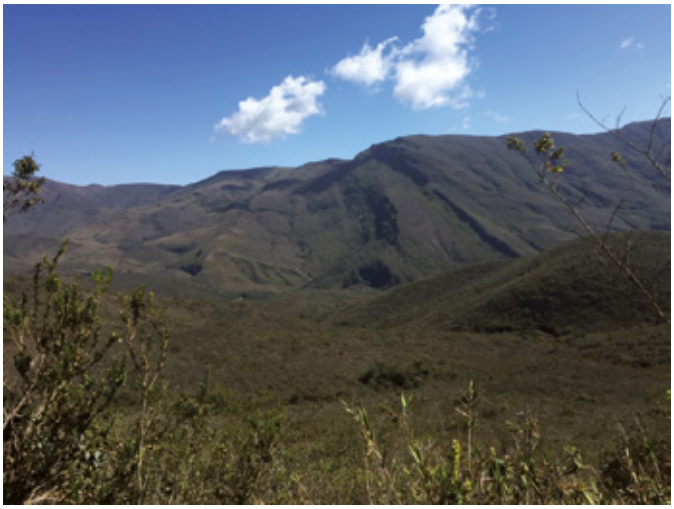


Figura 27 – Feições morfoesculturais e morfoestruturais da Serra do Gandarela. Detalhe para a drenagem que é a nascente do rio Piracicaba.



Verifica-se, também, a leste do QF, a imponente Serra de Catas Altas ou do Caraça, que integram a cadeia do Espinhaço, cujas áreas altas são representadas principalmente pelos quartzitos Cambotas, do Grupo Tamanduá. Além dos quartzitos, ocorrem também xistos e filitos intercalados com itabiritos dolomíticos, em pacotes que chegam a mais de 600 m de espessuras. Sua resistência físico-química ao intemperismo é responsável pelo relevo acidentado, truncado em toda sua extensão por falhas e dobras (Figura 28 e Figura 29). A maior elevação da bacia do rio Doce ocorre justamente na Serra do Caraça, representada pelo Pico do Sol, com 2072 metros de altitude (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a).

Figura 28 – Serra do Caraça ou Catas Altas, com relevo acidentado, condicionado por estruturas geológicas e rochas resistentes ao intemperismo – compartimento geomorfológico das serras e bordas.

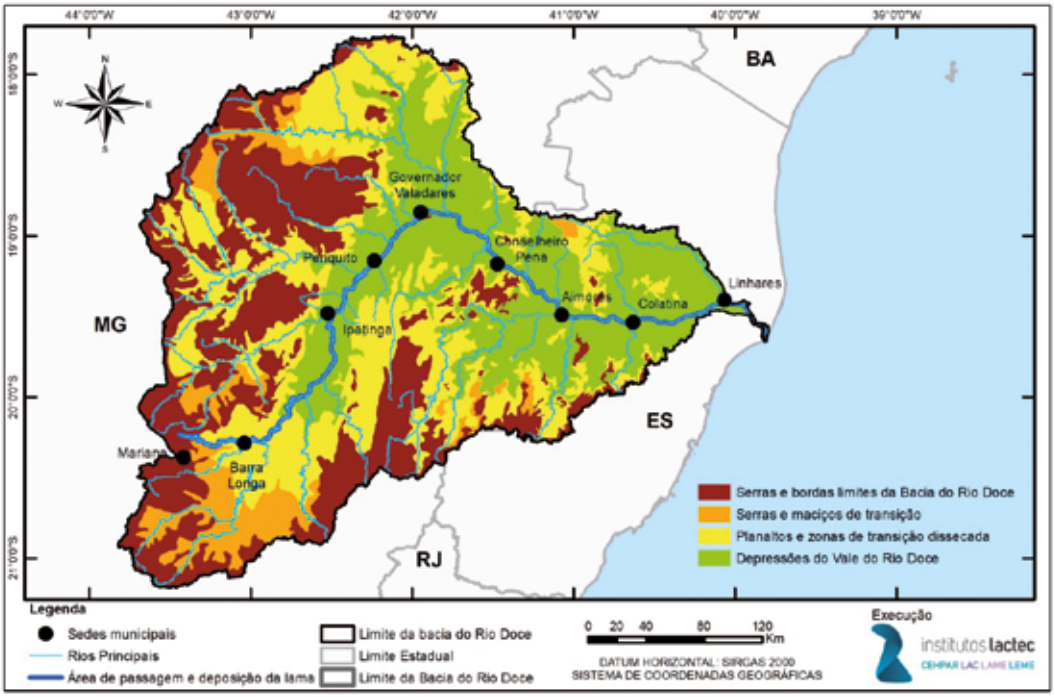


Figura 29 – Vista geral da Serra do Caraça – compartimento geomorfológico das serras e bordas.



De acordo com a compartimentação geomorfológica realizada neste trabalho (Figura 30 e Apêndice B) – estabelecida com base no Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – PIRH (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a) –, essa porção corresponde às **serras e bordas que limitam a bacia do rio Doce**. Essa unidade morfoestrutural se caracteriza por um conjunto de relevos ruiniformes resultantes de processos de dissecação fluvial em rochas predominantemente quartzíticas do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas, denominada de Serra ou Cadeia do Espinhaço, conforme já mencionado. De acordo com o PIRH, nessa unidade distinguem-se dois setores: um constituído predominantemente de cristas, picos com vales encaixados e vertentes retilíneas íngremes e extensos escarpamentos, com topos em torno de 1.300 e 1.500 m. Entre os picos e relevos ruiniformes é comum encontrar áreas aplainadas que apresentam uma fina cobertura detrítica ou cangas lateríticas. O outro setor é constituído por formas de colinas, em associação com cristas, com altitudes mais rebaixadas, com médias de 850 a 1.000 m. Essa unidade abriga importantes aquíferos fraturados originando numerosas nascentes. Nessa paisagem, encontram-se as cabeceiras do rio das Velhas e as do rio Piracicaba.

Figura 30 – Compartimentações geomorfológicas realizadas com base no mapa geomorfológico da bacia do rio Doce.



Fonte: Adaptado de Consórcio Ecoplan-Lume (2010b).

Além do QF e serras correlatas, conforme mencionado anteriormente, as demais feições geomorfológicas encontradas na bacia do rio Doce, mais especificamente ao longo do traçado do rio, não possuem expressividade tão significativa em imagens de satélites, pois são regiões que se caracterizam por zonas de transição, com características de relevo dissecados e declividades menos acentuadas. Nessa zona de transição, observa-se uma predominância de colinas côncavo-convexas com vales em V, vertentes ravinadas e cristas geralmente associadas às colinas. Encontram-se alguns interflúvios tabulares, testemunhos de antigas superfícies de aplainamento, recobertos por depósitos detríticos argilosos. As rochas predominantes são biotita-gnaisses e granito-gnaisses. Os topos encontram-se a 850 – 900 m em média e as cristas atingem até 1.300 m na zona de encostas do Espinhaço, decrescendo as altitudes em direção ao rio Doce. Essa região possui drenagem bastante densa e o padrão é predominantemente dendrítico. Os vales são encaixados, com desníveis topo-vale da ordem de 100 a 200 m, sendo que o desenvolvimento de planícies fluviais é restrito. Essa unidade corresponde à compartimentação denominada **Serras e Maciços de Transição** (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a).

O compartimento denominado Planalto e Zonas de Transição dissecadas corresponde à mais extensa unidade geomorfológica, ocupando cerca de 70% da área. É constituída predominantemente por formas de dissecação fluvial do tipo colinas, cristas, vales encaixados e localmente pontões, constituídos por rochas granito-gnáissicas. A interferência estrutural não é muito marcante, observando-se apenas alguns alinhamentos de cristas no sentido NW-SE. Na zona dos pontões, onde o controle estrutural é mais significativo, encontram-se com muita frequência essas formas de relevo residuais, que ocorrem isoladas ou em agrupamentos. O RADAM Brasil (1987) denominou essa zona de pontões como Maciços do Caparaó. São elevações rochosas de topo arredondado e vertentes convexas abruptas, sendo que a maioria delas evolui por esfoliação, com destacamento de placas. As demais

formas de relevo características de setor são as colinas côncavo-convexas. Nessas áreas, predominam os gnaisses, charnoquitos e granitos. As altitudes são muito variáveis, nos topos as cotas altimétricas chegam a 700 – 800 m, enquanto nas associações com colinas, cristas e pontões os topos podem atingir 900 a 1.300 m.

Conforme mencionado, a influência tectônica na conformação do relevo é mais significativa nesse setor de pontões, ocorrendo diversos alinhamentos de cristas na direção N-S e SW-NE. A drenagem constituída pelos afluentes da margem direita do rio Doce é encaixada e apresenta um controle estrutural em parte de seus cursos. A instabilidade das vertentes é um fenômeno comumente observado nessa unidade, com a ocorrência generalizada de formas de erosão acelerada, tais como escorregamentos e voçorocas.

O compartimento referente às **depressões do vale do rio Doce** corresponde a uma área rebaixada com altitudes variando de 250 a 500 m, configurando-se como uma depressão interplanáltica. O contato com as formas de relevo dos planaltos circundantes é muito bem marcado por desníveis altimétricos abruptos. De acordo com o PIRH, o desenvolvimento espacial dessa depressão tem a orientação geral NE-SW, condicionado ao graben do rio Doce. Uma evidência geomorfológica do controle tectônico na evolução da depressão é a existência de uma escarpa de linha de falha observada nas bordas dos planaltos, entre o ribeirão do Boi e do Sacramento.

A constituição litológica predominante é de biotita xistos, migmatitos, granitos e anfibolitos, que influenciada pelas oscilações climáticas contribui para a formação de espessos mantos de intemperismo, permitindo o desenvolvimento de solos profundos em vários locais. A retirada da cobertura vegetal contribui para a remoção desses solos pela aceleração dos processos morfodinâmicos indicados por ravinas e sulcos. A remobilização de material alterado possibilita a formação de depósitos coluviais.

A depressão se caracteriza pela presença de colinas com declividade média, planícies fluviais colmatadas, rampas de colúvio, lagos de barragem natural e zonas de acumulação. Predominam as associações de colinas de topo plano e vales de fundo chato. Os topos das colinas e dos interflúvios tabulares correlacionam-se com a superfície de aplainamento plistocênica. Em estudos do Quaternário no médio vale do rio Doce, Méis (1977) identifica diferentes gerações de rampas de colúvio e correlaciona as mais recentes aos terraços holocênicos, cujos depósitos se acham interdigitados com os sedimentos coluviais.

A região da planície litorânea caracteriza-se por extensas áreas planas e um conjunto de interflúvios tabulares, depositados sobre sedimentos terciários da Formação Barreiras, constituídos predominantemente por arenitos feldspáticos e arcóseos.

Além desses grandes compartimentos, ressalta-se, também, na região costeira o delta dominado por ondas do rio Doce (BACOCCOLI, 1971; SUGUIO; MARTIN; DOMINGUEZ, 1982), que é uma das morfologias mais expressivas do litoral brasileiro, excedendo a 2.500 km^2 de área em sua parte subárea. De morfologia semilunar crescente, assimétrica e convexa em direção ao mar, o delta do rio Doce tem largura máxima de 40 km na direção E-W e comprimento máximo de 150 km na direção N-S. Ele representa um delta em cúspide afetado por ondas suficientemente fortes para transportar os sedimentos para longe da desembocadura do rio principal (SUGUIO; MARTIN; DOMINGUEZ, 1982).

Segundo Martin et al. (1996), o delta do rio Doce apresenta tendência de progradação e/ou estabilidade da linha de costa, combinada com cordões litorâneos largos e contínuo aporte fluvial dos rios Doce, Barra Seca, Mariricu e São Mateus.

Conforme já mencionado, informações complementares e a descrição detalhada do delta do rio Doce, região estuarina e demais ambientes da planície litorânea encontram-se no relatório do Ambiente Costeiro.

No âmbito deste trabalho, para fins de avaliação ambiental, pretende-se correlacionar os diversos tipos de relevo com suas respectivas litologias e drenagens, no sentido de compreender os fluxos de água superficial e subterrânea e eventuais controles na contaminação desses ambientes.

Visando facilitar o entendimento das diferenças altimétricas encontradas na bacia, considerando que vários compartimentos geomorfológicos possuem altitudes muito variáveis, com desníveis eventualmente significativos, apresenta-se na Tabela 3 um resumo das diferentes altitudes e correspondentes desníveis de acordo com as referências de toponímias.

Tabela 3 – Desníveis encontrados na região da Serra do Caraça e das principais localidades ao longo do curso do rio Doce e afluentes.

Toponímia	Altitudes (m)	Desnível (m)
Catas Altas (maior elevação da bacia)	2.072	
Barragem de Fundão	850	120
Bento Rodrigues	730	340
Barra Longa	390	90
UHE Risoleta Neves	300	90
Ipatinga	210	40
UHE Baguari	170	20
Governador Valadares	150	70
UHE Aimorés	80	30
UHE Mascarenhas	50	25
Colatina	25	11
Linhares	14	14
Regência	0	0

As compartimentações geomorfológicas foram sobrepostas às unidades litoestratigráficas, conforme apresentado na Figura 8.

2.1.3.5 Contexto geoquímico regional

Este item tem como objetivo descrever a presença e o comportamento dos principais elementos químicos primários, ou seja, aqueles presentes nas rochas e mineralizações associadas, como forma de caracterizar na linha-base aqueles que potencialmente podem ser liberados para os demais ambientes: solos, águas e sedimentos. Os dados aqui apresentados referem-se a revisões bibliográficas e a dados de campo, baseados, sobretudo, na coleta de amostras de rochas e ensaios posteriores para caracterizações químicas e mineralógicas. Informações complementares sobre a distribuição desses elementos dispersos no ambiente, ou seja, de forma secundária, encontram-se detalhadas nos capítulos específicos

que tratam de solos, sedimentos e águas, tanto subterrâneas quanto superficiais. As interações desses ambientes com o rejeito encontram-se descritas no relatório específico desse tema.

Conforme mencionado, desde o final do século XVII, o QF é uma das mais importantes regiões produtoras de minérios no Brasil, em especial as minerações de ouro. Ribeiro (1998) e Borba (2002) relatam que as associações minerais presentes nos depósitos de ouro são ricas em elementos-traço, os quais podem apresentar alto potencial tóxico. Essas atividades constituíram uma importante fonte de metais pesados, mesmo que atualmente muitas das atividades de extração de ouro estejam desativadas.

De acordo com Rodrigues e Nalini (2009), o estabelecimento de valores de *background* geoquímico, como medida relativa para distinguir concentrações naturais de um elemento (geogênica e/ou biogênica) e a influência das atividades antrópicas nessas concentrações, representa um dos assuntos mais importantes das ciências ambientais recentes. A relação entre as alterações naturais e as proporcionadas pela ação antrópica nas espécies químicas é uma questão que envolve implicações importantes nas áreas da geologia, toxicologia e biologia, entre outros campos do conhecimento.

Alkmim (2014) realizou alguns estudos mineralógicos e geoquímicos em diferentes tipos de itabirito (itabirito goethítico friável, itabirito silicoso contaminado friável, Itabirito Silicoso Semicompacto – ISSC – e Itabirito Silicoso Compacto – ISC) da Formação Cauê e da região da Serra do Gandarela. Ao longo do perfil estudado, foi observado que a concentração de SiO_2 aumentava com o aumento da profundidade e, em contrapartida, havia uma diminuição dos elementos-traço, inclusive dos Elementos Terras Raras (ETRs). Como o ISC e o ISSC mostraram uma mineralogia principal muito próxima (hematita, quartzo, martita, magnetita e celadonita), refletindo em uma composição química da rocha total e em assinaturas geoquímicas muito parecidas, e por não apresentarem características marcantes de intemperismo, esses litotipos foram usados para determinação da assinatura geoquímica do itabirito silicoso original da sucessão da Fazenda Gandarela.

O itabirito silicoso original do Gandarela possui um enriquecimento nos elementos Al, Ti, Mg, Fe3+, Sc, Ni, Cu, Ga, Rb, Sr, Zr, Nb, Cs, Ba, Hf, Bi, Th, U e Elementos Terras Raras Leves (ETRLs), o que pode estar relacionado a uma proximidade maior dessa área com a fonte. Amorim e Alkmim (2011) sugeriram para os itabiritos da Formação Cauê: uma interação de fontes clásticas (relacionada a altas concentrações dos elementos Sc, Sr, Zr, Hf e Th e a correlação entre os elementos U, Ni e Cu com o Al_2O_3); hidrotermais (devido à presença de anomalias positivas em Eu e a fonte do ferro); e vulcânicas (relacionada à presença de celadonita em itabiritos silicosos da região do Gandarela).

Afloramentos da Formação Cauê na região de Serra Azul no QF foram igualmente estudados por Amorim e Alkmim (2011), sendo abordados: o hematitito e o itabirito silicoso, o itabirito magnetítico e a formação ferrífera argilosa. A hematita e o itabirito silicoso apresentaram dominância do minério compacto e compacto duro. O itabirito compacto duro apresentou uma composição de cerca de 50% de hematita/martita contendo de 30 a 40% de Fe, uma média de 47% de sílica oriunda do quartzo e em menores quantidades outros componentes como o fósforo e a alumina. O itabirito magnetítico, pouco abundante na parte ocidental de Serra Azul, apresenta-se como uma rocha dura com teor de ferro entre 25 e 35%. Os minerais de ferro são compostos por: hematita, magnetita, goethita e grunerita. Além desses minerais estão presentes calcita, dolomita e quartzo. A presença de carbonatos nessas rochas implica altos teores de CaO e MgO. A Tabela 4 representa as composições quínicas e mineralógicas dos principais tipos de itabiritos presentes na Formação Cauê.

Tabela 4 – Itabiritos da Formação Cauê.

		Itabirito silicoso		Itabirito dolomitico		Itabirito anfibolitico		Itabirito magnetitico	
		Componentes maiores	Acessórios	Componentes maiores	Acessórios	Componentes maiores	Acessórios	Componentes maiores	Acessórios
Mineralogia	Banda escura	Hematita, martita	mt, se, qz, py, mnox	Hematita, martita	mt, qz, dl, mnox	Hornblenda, grunerita	hm, ma, mt, qz, dl, af	Magnetita, hematita, martita, gruneria	Hm, ma, qz, af, ca, cl, bi, sp, tc
	Banda clara	Quarzto	hm, ma, cl, se, dl, py, mnox	Dolomita	Hm, ma, qz, py, tc, mnox	tremolita, actinolita	Hm, ma, mt, qz, dl	quartzo, carbonato	Mt, hm, ma, qz, af, ca, cl, bi, sp, tc
Composição química típica	Fe	30-40%		35%		35%		25-35%	
	SiO_2	40-60%		<1%		45%		35-55%	
	CaO	<0,1%		15%		<1%		2-10%	
	MgO	<0,1%		10%		<1%		2-10%	
	LoI	1-2%		>5%		1-2%		>5%	

*af = anfibólio, cl = clorita, dl = dolomita, hm = hematita, mt = magnetita, ma = martita, mnox = monoxido de manganês, py = pirofilito, qz = quartzo, se = sericita, tc = talco, ca = carbonato, sp = stilpnomelano, bi = biotita.

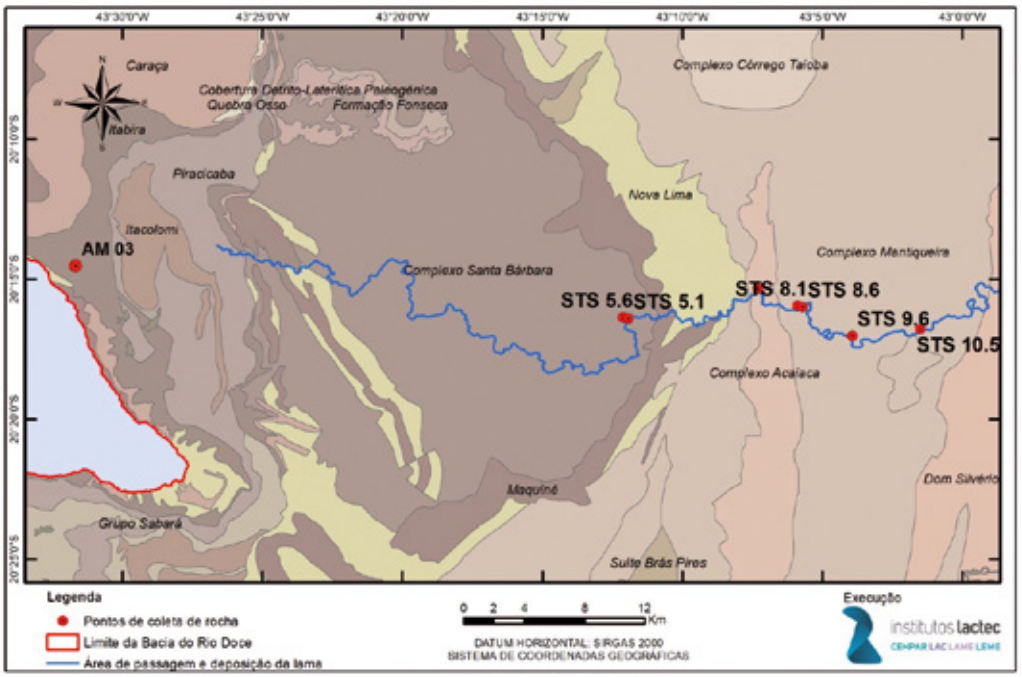
Fonte: Traduzida de Amorim e Alkmim (2011) por Sousa (2016).

Análises de difração de raios X e análises químicas e espectroscopia, realizadas por Lagoeiro (1998) em rochas do QF, identificaram processos pedogenéticos de transformação da magnetita em hematita sobre esteatitos. A ocorrência dessas hematitas deveu-se principalmente à oxidação do Fe^{2+} a Fe^{3+}, no sítio octaédrico da magnetita, durante a pedogênese. Esse processo foi caracterizado pelo aparecimento de pequena quantidade de Fe3+ eletronicamente desacoplada, encontrada nas magnetitas parcialmente oxidadas, cujas fórmulas para as diferentes estequiometrias foram propostas. Verificou-se também pequena quantidade de ilmenita nas amostras de rocha e de solo.

Fonseca e Evangelista (2013), estudando rochas ultramáficas do QF, verificaram que as mesmas possuem altos teores de MgO, de 25 a 33% em peso e Cr e Ni muito elevados (Cr: 1771 a 3555 ppm; Ni: 843 a 1572 ppm). Os teores anômalos de As e Sb, em média, 470 e 500 ppm, respectivamente, são devidos à presença dos minerais breithauptita (NiSb) e arita (NiSbAs).

Além das amostras de rochas já analisadas do Complexo Alegria, conforme exposto anteriormente, foram coletadas também amostras de outras litologias que afloram no compartimento geomorfológico inicial, das serras e bordas, região das cabeceiras das drenagens afluentes que formam o rio Doce, com o objetivo de caracterizar as diferentes contribuições químicas e mineralógicas das rochas das áreas fontes para os demais ambientes (Figura 31). Embora para o desenvolvimento do diagnóstico ambiental estejam previstas a coleta de maior número de amostras, os resultados aqui apresentados referem-se àquelas que foram coletadas principalmente entre a região de fundão e a UHE Risoleta Neves.

Figura 31 – Mapa geológico, em escala 1:250.000, com a localização dos pontos de coleta de rocha.



Fonte: IBGE (2018).

Amostra 03 – Coordenadas UTM 23S – 652335/7760597 – localizada na nascente do rio Jacuba (afluente do rio Gualaxo do Norte), nas vertentes situadas acima da mina Timbopeba (Vale), em área não antropizada, cujo acesso foi realizado a partir de estradas secundárias, controladas pelas minerações da Vale e da Samarco. A região onde foi realizada a coleta apresenta-se de forma encaixada, com presença de cangas lateríticas (Figura 32). Essa rocha é de composição predominantemente de Fe_2O_3 e em baixas porcentagens SiO_2, Al_2O_3, P_2O_5 e traços de TiO_2, MnO e SO_3.

Figura 32 – Ponto de coleta de amostra de rocha – afloramento de canga laterítica.



Tabela 5 – Resultados obtidos para a caracterização química por FRX da amostra 03.

Amostra	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	P_2O_5 (%)	TiO_2 (%)	MnO (%)	SO_3 (%)	Perda ao Fogo (%)
Amostra 03 Rocha	87,2	1,1	0,5	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	10,98

Para as amostras coletadas junto às seções transversais para solo (Figura 33), foram realizados ensaios de caracterização mineralógica (DRX), cujos resultados estão sintetizados na Tabela 6 e apresentados na sua íntegra, no Apêndice D.

Tabela 6 – Composição mineralógica das rochas coletadas.

Amostra	Composição mineralógica
STS 5.1	Quartzo, Hornblenda, Inesita
STS 5.6	Quartzo, Microclínio, Labradorita
STS 7.4	Tremolita, Pargasita, Hornblenda, Diopsídio
STS 8.6	Quartzo, Biotita, Flogopita, Berlinita, Gismondina
STS 8.6	Quartzo, Microclínio, Albita, Flogopita
STS 8.6	Diopsídio, Labradorita, Tremolita
STS 9.6	Gibbsita, Groutelita, Bracewellite, Goethita, Hornblenda
STS 9.6	Actinolita, Hornblenda, Labradorita
STS 10.5	Quartzo, Biotita e Flogopita

Figura 33 – Aspecto geral dos afloramentos onde foram coletadas amostras de rocha.



2.1.3.6 Sismologia

Embora o Brasil esteja situado na margem passiva da placa Sul-Americana, com frequência ocorrem pequenos tremores, associados principalmente aos chamados esforços intraplacas, resultantes, sobretudo, da acomodação de estruturas geológicas como as falhas e as fraturas.

Eventualmente, na região Sul e Sudeste do país, são registrados também sismos em pequena escala, magnitudes aproximadas de até 4,0 na escala Richter, reflexos de atividades tectônicas que ocorrem na cordilheira andina, cujo epicentro, nesses casos, normalmente situa-se a milhares de quilômetros do território nacional. Veloso (2016) afirma que tremores no Brasil sempre ocorreram, e, no passado, estes aconteceram na mesma frequência dos dias atuais. O autor relata que pequenos tremores são registrados com frequências diárias por estações sismográficas de alta sensibilidade.

As estações sismológicas localizadas em diversos países coletam informações sobre os sismos em sismógrafos. Em 1931, havia, aproximadamente, um total de 350 estações que operavam no mundo. O aumento do número das estações e a rápida transmissão de dados permitem aos centros de sismologia localizarem um maior número de eventos, os quais não poderiam ser detectados em épocas passadas. O Instituto Nacional de Sismologia dos EUA (NEIC, *National Earthquake Information Center*) registra, aproximadamente, 20.000 sismos por ano, ou seja, mais de 50 sismos por dia. Com o desenvolvimento nas comunicações, aumentou também o interesse da população em obter informação sobre os desastres naturais (BLANDÓN, 2003). Na Tabela 7, está listada a frequência média de sismos registrados anualmente no mundo.

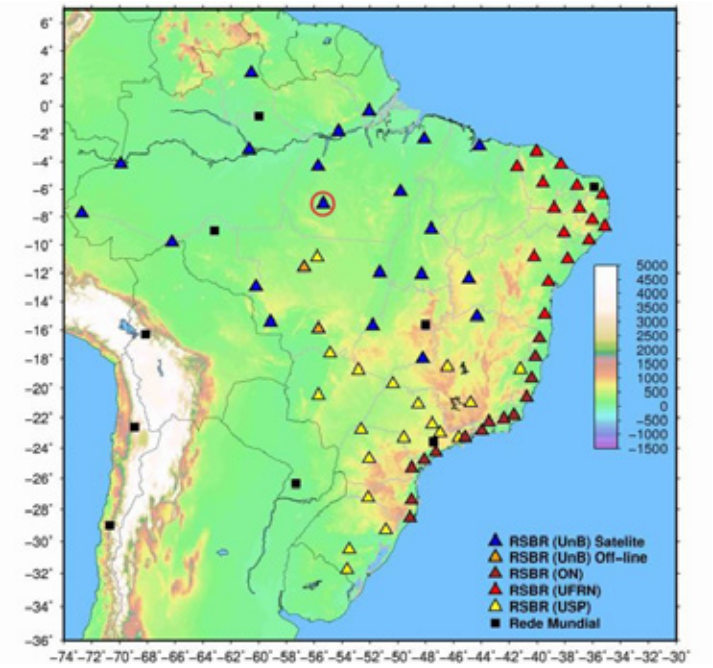
Tabela 7 – Frequência média anual de terremotos no planeta.

Magnitude (escala Richter)	Frequência média de ocorrência por ano
8 - maior	1
7 - 7,9	18
6 - 6,9	120
5 - 5,9	800
4 - 4,9	6.200
3 - 3,9	49.000
< 3	3.240.000

Fonte: Modificado de Blandón (2003).

Os sismos no Brasil são monitorados pela agência governamental vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCTI), denominada Rede Sismográfica Brasileira (RSBR), conforme apresenta a Figura 34. A aquisição dos dados é realizada em tempo real a partir de uma ampla rede de sismógrafos distribuídos ao longo do território brasileiro. Entre as instituições participantes da RSBR, destaca-se, pela sua relevância e atuação, o Observatório Sismológico (OBSIS), vinculado à Universidade de Brasília (UnB), e o Centro de Sismologia da USP, vinculado ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG).

Figura 34 – Configuração da Rede Sismográfica Brasileira – março de 2015.



Fonte: Rocha et al. (2015).

Para França (2016), a RSBR faz o mapeamento de toda a atividade sísmica brasileira e executa a atividade de monitoramento com cobertura em quase todo o território nacional, por meio de estações de banda larga e da transmissão em tempo real, o que é importante no auxílio às atividades de riscos da Defesa Civil.

Os sismos, quando associados a reativações de estruturas geológicas, podem favorecer a circulação do fluxo de água subterrânea e, consequentemente, conduzir também eventuais fluídos com poluentes e/ou contaminantes associados aos rejeitos da barragem. Barbosa (1980), realizando estudos na Serra do Caraça, menciona as reativações de falhas de empurrão do Ciclo Brasiliano no Mesozoico/ Cenozoico, responsáveis pelo controle de superfícies de aplainamento. Igualmente, Almeida (1977) refere-se a uma reativação tectônica que teria se iniciado no Jurássico Superior e que pode ser a mesma que atingiu a Serra do Caraça. Aparentemente, essa reativação, em parte, aproveitou antigos planos de falhas de empurrão, provavelmente do Ciclo Brasiliano.

Os boletins sísmicos publicados pelo Centro de Sismologia (IAG) da USP e, também, pela RSBR apresentam um histórico dos eventos sísmicos registrados no Brasil de 1720 a 2016, com um total de 3.038 registros. Embora não estejam atualizados até a presente data, desses 3.038 registros, 538 registros foram realizados no estado de Minas Gerais e 13 no Espírito Santo. Para cada registro foram fornecidos dados das coordenadas geográficas, a profundidade estimada quando possível, a Magnitude Regional (MR), a localidade e os comentários gerais.

Assim, a partir desse levantamento, foram selecionados apenas os registros localizados na bacia do rio Doce, que totalizam 47 dados, conforme apresentado espacialmente no mapa da Figura 35. Esses registros foram obtidos pelos sismógrafos implantados na RSBR, apresentados na Figura 34.

Os valores registrados de magnitudes entre 0 e 3,8 são considerados baixos e a relação de efeito com os danos esperados é apresentada na Tabela 8. Considerando os valores apresentados por Blandón (2003), as magnitudes mapeadas na bacia do rio Doce e principalmente na região das cidades de Catas Altas, Ouro Preto e Mariana, com valores de 1,90 a 3,40, são sentidas pelas pessoas, porém sem danos causados pela vibração do terreno. O maior registro sismográfico identificado entre 1855 e 2016 foi de 3,80 na cidade de Capelinha.

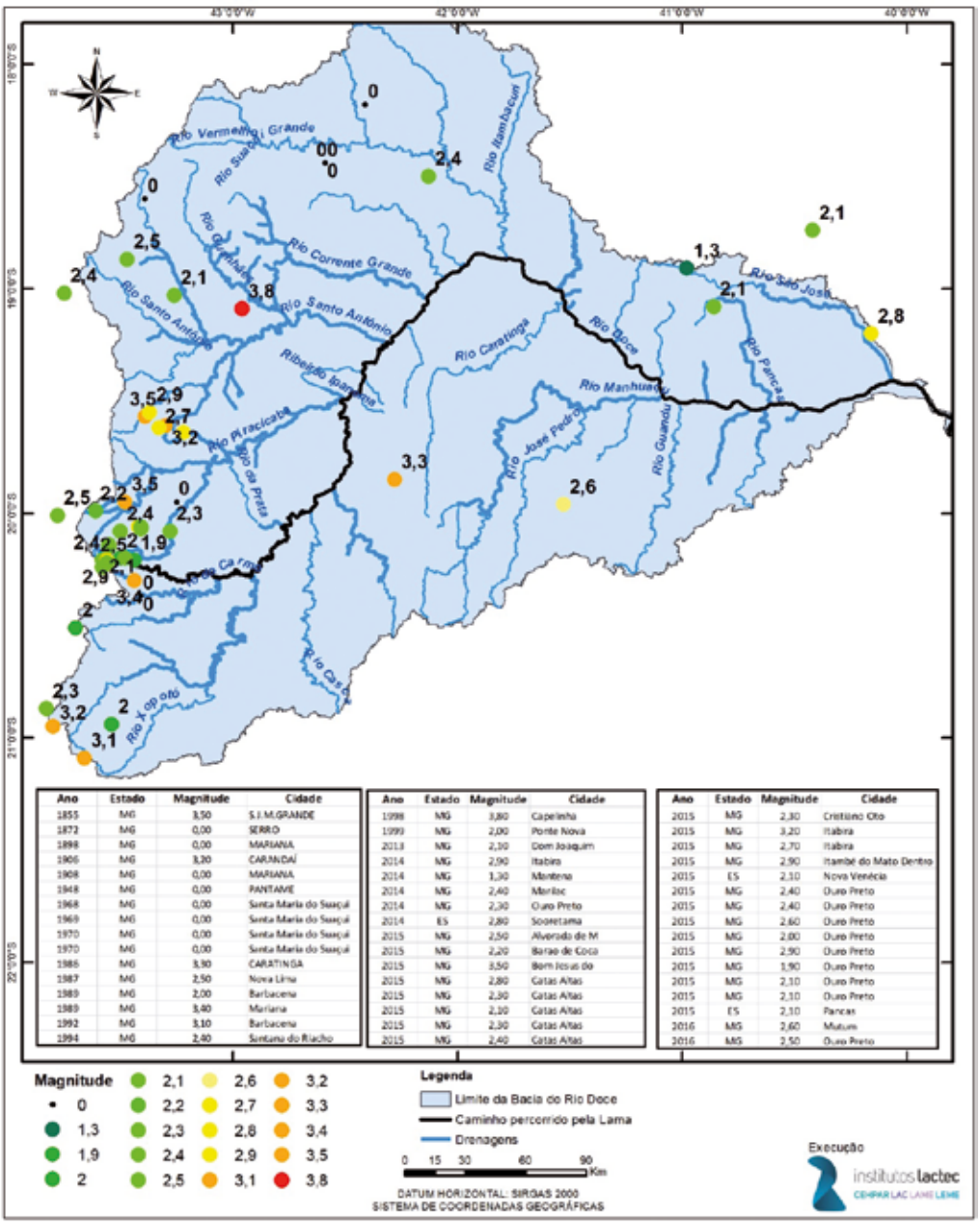
Tabela 8 – Magnitude na escala Richter e efeitos sentidos.

Magnitute M	Danos
1-3	detectável apenas pelo sismógrafo
4	sentido pela maioria das pessoas
5	o solo vibra causando danos em torres altas e edifícios pouco armados
6	causa danos fortes em edifícios
7	este terremoto danifica até estruturas bem construídas
8	danifica fortemente construções projetadas para resistir um terremoto
9	destruição total

Fonte: Modificado de Blandón (2003).

Na Figura 36, está apresentada a localização dos registros de atividades sísmicas na bacia do rio Doce, juntamente com as principais estruturas geológicas. Ainda, nessa figura, pode-se observar um detalhe da área oeste, que representa a região do QF. Nessa área, verificou-se uma concordância do registro de sismos com as falhas de cisalhamentos compressionais e dobras anticlinais. Porém, essa associação entre as atividades sísmicas e a presença de estruturas geológicas não é uma regra. Berrocal (2016) infere que a grande maioria dos sismos que ocorrem no Brasil está associada a algum tipo de falha geológica que é ativada, ou reativada, pela liberação de energia acumulada por algum processo tectônico.

Figura 35 – Registro de atividades sísmicas na bacia do rio Doce.



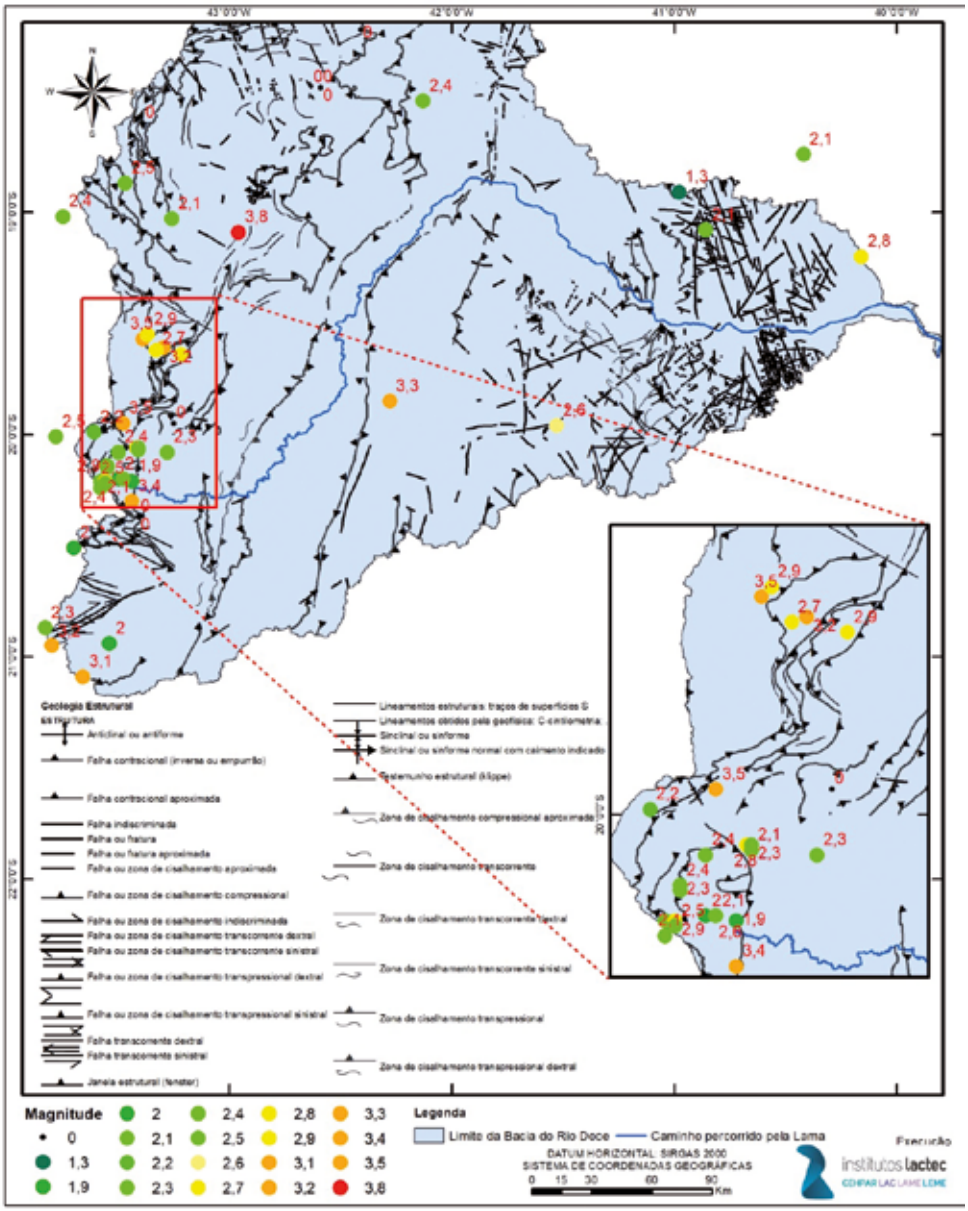
Ano	Estado	Magnitude	Cidade
1855	MG	3,50	S.J.M.GRANDE
1872	MG	0,00	SERRO
1898	MG	0,00	MARIANA
1906	MG	3,20	CARMADAI
1908	MG	0,00	MARIANA
1948	MG	0,00	PANTANE
1968	MG	0,00	Santa Maria do Suaçuí
1969	MG	0,00	Santa Maria do Suaçuí
1970	MG	0,00	Santa Maria do Suaçuí
1970	MG	0,00	Santa Maria do Suaçuí
1986	MG	3,30	CARATINGA
1987	MG	2,50	Nova Lima
1989	MG	2,00	Barbacena
1989	MG	3,40	Mariana
1992	MG	3,10	Barbacena
1994	MG	2,40	Santana do Riacho

Ano	Estado	Magnitude	Cidade
1998	MG	3,80	Capelinha
1999	MG	2,00	Ponte Nova
2013	MG	2,30	Dom Joaquim
2014	MG	2,90	Itabira
2014	MG	1,30	Monteiro
2014	MG	2,40	Mariac
2014	MG	2,30	Ouro Preto
2014	ES	2,80	Sooretama
2015	MG	2,50	Alvorada de M
2015	MG	2,20	Barao de Coca
2015	MG	3,50	Bom Jesus do
2015	MG	2,80	Catas Altas
2015	MG	2,30	Catas Altas
2015	MG	2,10	Catas Altas
2015	MG	2,30	Catas Altas
2015	MG	2,40	Catas Altas

Ano	Estado	Magnitude	Cidade
2015	MG	2,30	Crittiano Oto
2015	MG	3,20	Itabira
2015	MG	2,70	Itabira
2015	MG	2,90	Itambé do Mato Dentro
2015	ES	2,10	Nova Venécia
2015	MG	2,40	Ouro Preto
2015	MG	2,40	Ouro Preto
2015	MG	2,60	Ouro Preto
2015	MG	2,00	Ouro Preto
2015	MG	2,90	Ouro Preto
2015	MG	1,90	Ouro Preto
2015	MG	2,10	Ouro Preto
2015	MG	2,10	Ouro Preto
2015	ES	2,10	Pancas
2016	MG	2,60	Mutum
2016	MG	2,50	Ouro Preto

Fonte: Com base em informações do boletim sísmico (IAG, 2017).

Figura 36 – Informações de ocorrências de sismos na bacia do rio Doce e dados estruturais.



Fonte: Mapa Brasil ao Milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – Rio Doce da CPRM (2004a, 2004b, 2004c, 2004d), mapeamento realizado na escala 1:1.000.000, e boletim sísmico do IAG (2017).

Para Bezerra, Ferreira e Nascimento (2016), é crescente o número de estudos que identificam falhas ativas em regiões intraplacas. Estudos neotectônicos e paleossismológicos têm sido empregados para estender o registro instrumental e histórico de sismos no tempo geológico.

Sand (2016) infere que a sismicidade está ligada à tectônica de placas. Não obstante algumas eventuais tensões podem ser induzidas por influência do homem, como no caso de tremores registrados desencadeados por reservatórios de acumulação e de atividades de exploração mineral e petróleo.

Para Barros et al. (2016), o enchimento de grandes reservatórios, a exploração de minas subterrâneas, a injeção de fluídos sob alta pressão em poços profundos, a remoção de fluídos na exploração de petróleo, entre outros, podem provocar uma categoria especial de terremotos denominada terremotos induzidos ou terremotos desencadeados. Para esses autores, dois fatores principais podem contribuir para o surgimento ou a ausência de sismicidade pós-enchimento de um reservatório. O crescimento das tensões verticais, devido à carga do reservatório, e uma redução nas tensões efetivas, devido ao aumento da poropressão, podem modificar o estado de tensões na região do reservatório. Se os gradientes de tensões serão suficientes ou não para mobilizar estruturas sismogênicas (aquelas originam terremotos) na área, depende de uma complexa interação entre os esforços induzidos com as tensões preexistentes (próximos ao reservatório) e das condições geológicas e hidrogeológicas na área do reservatório.

Mesmo que o peso da água em reservatórios seja insuficiente para fraturar as rochas do embasamento, a coluna d'água exercerá uma pressão hidrostática, empurrando o líquido através dos poros das rochas e de fraturas preexistentes. O efeito desse acréscimo de pressão pode levar meses ou mesmo anos para alcançar distâncias não muito longas, dependendo da permeabilidade do solo e das condições de fraturamento das rochas. Quando a água alcança zonas mais fraturadas, o esforço tectônico efetivo é reduzido, facilitando o deslocamento de blocos falhados (BARROS et al., 2016).

2.2 PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

Considerando a alta sensibilidade ambiental que as cavernas apresentam, visando identificar eventuais impactos que possam ter ocorrido nesses ambientes, para caracterização da linha-base e consequentemente para o planejamento das atividades futuras, foram selecionados, junto ao Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), os dados das cavidades que ocorrem na área de estudo. Cabe ressaltar que, além dos dados da CECAV, foram também utilizados dados oriundos de levantamentos específicos referentes a mapeamentos de cavernas para fins de licenciamento nas áreas da Mineração Samarco.

2.2.1 LEGISLAÇÕES

As legislações, procedimentos e instruções acerca do tema espeleologia são bastante amplas e muitas vezes divergentes ou contraditórias, motivo pelo qual ocorrem interpretações equivocadas e/ou tendenciosas. Na sequência, com o intuito de balizar os critérios adotados na análise dessas cavidades, apresentam-se aquelas atualmente vigentes.

Segundo o Decreto Federal nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, com nova redação dada pelo Decreto Federal nº 6.640, de 07 de novembro de 2008:

> Cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante. (BRASIL, 1990).

O decreto federal e a Instrução Normativa do mmA (IN) nº 02, de 2009, define quatro níveis de relevância de cavernas: i) Máxima – deve ser preservada em caráter permanente; ii) Alta – pode ser impactada, mas há necessidade de se preservar duas outras cavernas de igual relevância; iii) Média – pode ser impactada, mas medidas compensatórias relacionadas à espeleologia devem ser aplicadas; e iv) Baixa – pode ser impactada, sem necessidade de compensação ambiental.

A Instrução de Serviço SEMAD nº 03/2014 estabelece procedimentos a serem adotados para instrução dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores de cavidades naturais subterrâneas, a fim de compatibilizar as fases de licenciamento ambiental com os estudos de prospecção, relevância e áreas de influência e definição de compensações.

Segue demais legislações vigentes no país:

- Portaria mmA nº 358, de 30/09/2009: Institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico;
- Portaria ICMBio nº 078, de 03/09/2009: Cria o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (Cecav);
- Portaria IBAMA nº 34, de 18/04/2006: Constitui Grupo de Trabalho (CavLegis);
- Portaria IBAMA nº 089, de 13/08/2001: Regulamenta o mergulho em cavernas (revogada pela IN n°100, de 05/06/2006);
- Portaria IBAMA nº 015 de 23/02/2001: Disciplina o acesso e uso de cavernas turísticas na Chapada Diamantina/BA;
- Portaria IBAMA nº 014, de 23/02/2001: Interdita o uso turístico na Gruta dos Ecos – Goiás;
- Portaria IBAMA nº 887, de 15/06/1990: Dispõe sobre o uso das cavidades subterrâneas, entre outros;
- Resolução CONAMA nº 347, de 10/09/2004: Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 347, de 10/09/2004:

> Cavidade natural subterrânea relevante para fins de anuência pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA no processo de licenciamento - aquela que apresente significativos atributos ecológicos, ambientais, cênicos, científicos, culturais ou socioeconômicos, no contexto local ou regional em razão, entre outras, das seguintes características:
>
> a) dimensão, morfologia ou valores paisagísticos;
>
> b) peculiaridades geológicas, geomorfológicas ou mineralógicas;
>
> c) vestígios arqueológicos ou paleontológicos;

d) recursos hídricos significativos;

e) ecossistemas frágeis; espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção;

f) diversidade biológica; ou

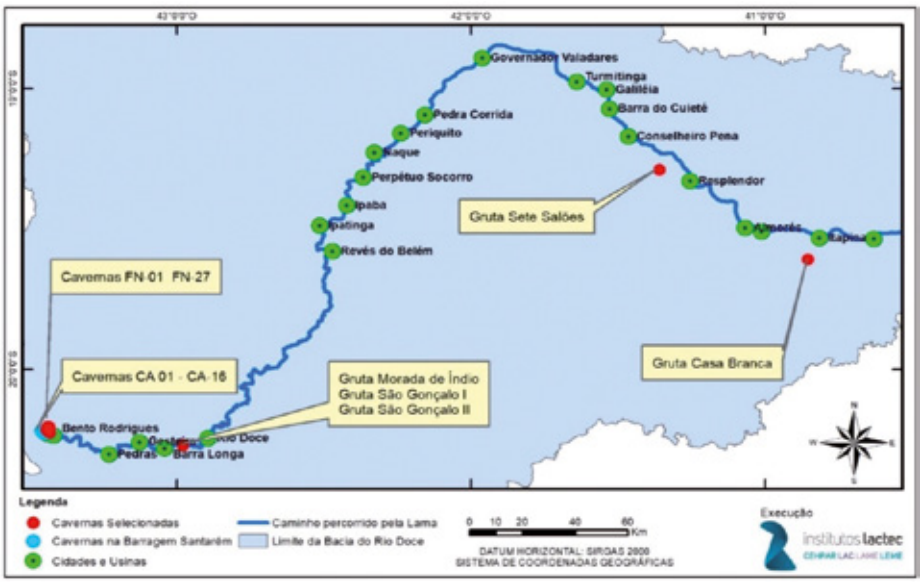
g) relevância histórico-cultural ou socioeconômica na região. (BRASIL, 2004).

2.2.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

As cavidades selecionadas para vistoria para identificação de eventuais danos e potencial acompanhamento periódico são todas aquelas que se encontram nas proximidades da área de mineração, do rio Doce e demais drenagens afetadas pelo rejeito. Não se definiu uma distância máxima além dessas localidades, considerando-se o limitado número dessas ocorrências. As cavidades selecionadas para acompanhamento são todas que apresentarem indícios de danos diretos ou indiretos decorrentes do depósito de rejeitos, constituindo-se, desse modo, como indicadores do dano ambiental.

No presente momento, os dados espeleológicos, principalmente no que se refere à sua localização (coordenadas), foram obtidos junto ao CECAV/CANIE. Assim como para as informações oriundas dos processos minerários, o registro dessas cavernas refere-se a todo o estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Igualmente, essas informações foram filtradas e selecionadas, com base no limite da bacia hidrográfica do rio Doce e das demais drenagens impactadas. Foram descartadas outras distantes das áreas afetadas, conforme detalhado na Figura 37 e Tabela 9.

Figura 37 – Localização das cavernas selecionadas para vistoria.



Fonte: CECAV (2017)

Tabela 9 – Cavernas selecionadas para vistoria.

Caverna	UF	Município	Localidade	Latitude	Longitude
Caverna FN-001	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2281080	-43,4306110
Caverna FN-002	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2277740	-43,4316290
Caverna FN-003	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2224070	-43,4345250
Caverna FN-004	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2221270	-43,4345760
Caverna FN-005	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2220630	-43,4345380
Caverna FN-006	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2190590	-43,4308840
Caverna FN-007	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2108440	-43,4396460
Caverna FN-008	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2106830	-43,4399250
Caverna FN-009	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2080380	-43,4390330
Caverna FN-010	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2080830	-43,4390130
Caverna FN-011	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2080830	-43,4390610
Caverna FN-012	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2084160	-43,4388950
Caverna FN-013	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2079540	-43,4388130
Caverna FN-014	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2078960	-43,4332920
Caverna FN-015	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2061160	-43,4363150
Caverna FN-016	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2062490	-43,4369840
Caverna FN-017	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2064570	-43,4380530
Caverna FN-018	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2074900	-43,4383590
Caverna FN-019	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2075830	-43,4386930
Caverna FN-020	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2077910	-43,4387480
Caverna FN-021	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2075210	-43,4388370
Caverna FN-022	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2088040	-43,4399060
Caverna FN-023	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2088050	-43,4399440
Caverna FN-024	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2170220	-43,4425700
Caverna FN-025	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2172480	-43,4436490
Caverna FN-026	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2183530	-43,4419450
Caverna FN-027	MG	Mariana	Quadrilátero Ferrífero	-20,2242530	-43,4379520
Gruta Morada de Índio	MG	Barra Longa	Fazenda São Gonçalo	-20,2722540	-42,9798400
Gruta São Gonçalo I	MG	Barra Longa	Sem informação	-20,2703540	-42,9795400
Gruta São Gonçalo II	MG	Barra Longa	Fazenda São Gonçalo	-20,2725540	-42,9795400
Gruta Sete Salões	MG	Santa Rita do Itueto	Serra das Onças - Parque Sete Salões	-19,2893070	-41,3592110
Gruta Casa Branca	ES	Colatina	Sem informação	-19,6085470	-40,8557110

Fonte: CECAV (2017).

As visitas *in loco* das cavidades selecionadas também possibilitam a realização de estudos para caracterização geológica, estrutural e hidrogeológica, que podem contribuir para o diagnóstico ambiental.

2.2.3 METODOLOGIA

Os procedimentos para os levantamentos seguiram as orientações padronizadas estabelecidas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) e CECAV (2009). Adicionalmente, dispõe-se também da Instrução de Serviço (IS) nº 08/2017 – MG – Procedimentos para análise dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e de atividades efetiva ou potencialmente causadoras de impactos sobre cavidades naturais subterrâneas (ASNOP, 2017).

Essas orientações estabelecem diretrizes básicas para a realização de levantamento espeleológico, tais como:

- as coordenadas geográficas das cavidades existentes obtidas com equipamento de GPS, no ponto onde se localizam as bases topográficas "zero" das entradas da cavidade;
- a denominação local;
- o município, nome da fazenda ou da região em que se insere;
- os dados de identificação do proprietário da área onde a caverna está inserida;
- a altitude;
- a projeção horizontal da área de influência (mínimo 250 m);
- a descrição das entradas e formas de acessos;
- a classificação da caverna quanto aos aspectos hidrológicos e morfológicos;
- o registro fotográfico.

Ainda, conforme as diretrizes citadas, para a realização do diagnóstico ambiental da área de ocorrência de cavernas, se necessário, deverão ser realizados estudos temáticos para os meios bióticos e abióticos, como:

- a caracterização das unidades estratigráficas onde se insere a caverna;
- a caracterização estrutural, com referência e identificação da ocorrência de falhas, dobras, fraturas e planos de acamamento;
- a sedimentologia clástica e química da rocha encaixante;
- a identificação de áreas de risco geotécnico, com ênfase nas zonas de ocorrência de blocos abatidos e tetos ou paredes com rachaduras (locais passíveis de monitoramento);
- a identificação de processos erosivos nas áreas próximo ao patrimônio espeleológico e que apresentem potencial de risco à sua integridade;
- a descrição e a caracterização dos espeleotemas (frágeis, raros) e demais depósitos sedimentares (aluviais e coluviais);
- a caracterização das feições exocársticas ou pseudocársticas;
- a descrição da dinâmica dos processos geomorfológicos ativos na cavidade;
- a caracterização da morfologia endocárstica;
- a descrição da área de ocorrência, tipo, geometria, litologia, estrutura geológica, propriedade física, hidrodinâmica e outros aspectos do(s) aquíferos(s);
- a caracterização das áreas e dos processos de recarga, circulação e descarga do(s) aquífero(s);
- o inventário dos pontos de absorção d'água;

- a indicação da direção dos fluxos das águas subterrâneas;
- a descrição e o controle altimétrico dos corpos d'água, lago subterrâneo, sumidouro, surgência, ressurgência, com identificação de hipóteses de origem;
- a avaliação das relações existentes entre as águas subterrâneas e superficiais, assim como as de outros aquíferos;
- a identificação dos níveis de poluição e de prováveis fontes poluidoras (locais passíveis de monitoramento);
- as drenagens superficiais identificáveis (perene/intermitente);
- o levantamento de informações fluviométricas;
- a caracterização do sistema hidrodinâmico, identificando: as áreas com diferentes comportamentos frente às enchentes (risco de enchentes, elevação do nível de base);
- a caracterização físico-química e bacteriológica dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, em cavernas utilizadas para turismo;
- a descrição e a caracterização dos jazimentos e respectivos fósseis encontrados no interior e/ou na área de influência da caverna;
- os riscos potenciais à integridade dos fósseis ou jazimentos, principalmente, em relação às atividades hidrelétricas;
- os dados climáticos das áreas externas com dados históricos das estações mais próximas;
- o levantamento fisionômico e florístico na área de influência da caverna, com detalhamento das proximidades das entradas e claraboias, dolinas;
- o levantamento qualitativo e quantitativo da fauna cavernícola, considerando a sazonalidade climática, utilizando técnicas consagradas (busca ativa, puçá e covo);
- o levantamento da quiropterofauna, por amostragem, utilizando, no mínimo, rede de neblina;
- a identificação de espécies migratórias, ameaçadas, raras, endêmicas e nocivas ao ser humano;
- a caracterização das interações ecológicas da fauna cavernícola e desta com o ambiente externo.

Na existência de uma ou mais comunidades na área de estudo que mantenham inter-relação com as cavidades naturais existentes, deverão ser levantados e analisados de forma integrada os seguintes estudos:

- a descrição dessa comunidade;
- a descrição das condições atuais de uso e ocupação do solo, das águas superficiais e subterrâneas;
- a descrição do potencial econômico, científico, educacional, turístico e/ou recreativo das cavidades;
- a descrição das manifestações culturais que ocorram nas proximidades e no interior da caverna, como: cultos religiosos, vestígios de caça e pesca, visitação turística.

Na existência de sítios arqueológicos na área de estudo, estes deverão ser caracterizados e descritos, indicando a provável dinâmica deposicional, seguindo as normas e as diretrizes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

2.2.4 RESULTADOS

2.2.4.1 Contexto Espeleológico Regional

A existência de cavernas no Quadrilátero Ferrífero é reportada desde meados do século XIX, sendo o primeiro trabalho de cunho científico publicado por Simmons em 1963 (AULER; PILÓ, 2005). Poucas cavernas eram conhecidas até o início do século XXI, mas a partir de 2003, com o advento da expansão da exploração mineral, principalmente devido à maior exigência dos órgãos ambientais no que se refere aos estudos espeleológicos, esse cenário mudou significativamente. Atualmente, centenas de cavernas em minério de ferro estão catalogadas no QF (AULER; PILÓ, 2005).

Essas cavernas se desenvolvem, sobretudo, nos itabiritos da Formação Cauê, Grupo Itabira e em cangas superficiais formadas durante o Terciário e o Quaternário, devido ao intemperismo e lixiviação das rochas ricas em hematita. Geralmente, essas cavernas estão associadas ao contato do itabirito com a canga, mas eventualmente ocorrem também cavernas desenvolvidas totalmente na canga ou no itabirito.

As cavernas ferríferas eram desconsideradas pela comunidade espeleológica nacional, pois sempre foram priorizadas as cavernas calcárias, maiores e com mais ornamentações. Acreditava-se que as rochas ferríferas tinham baixo potencial para ocorrência de cavernas. Entretanto, estudos realizados por Auler e Piló (2005) indicam uma significativa importância com relação a atributos geoespeleológicos e bioespeleológicos (FERREIRA, 2005) e arqueológicos (AULER; PILÓ, 2005). Os mecanismos de sua formação são ainda pouco conhecidos e os aspectos mineralógicos e químicos pouco estudados. Segundo Auler e Piló (2005), há um grande controle estrutural no desenvolvimento dessas cavernas em minério de ferro. Simmons (1963) descreve a ocorrência de um mineral raro, a leucofosfita, um fosfato formado com a ação de soluções derivadas de guano de morcegos.

Além das cavernas em minério de ferro, o QF guarda ainda importantes registros de cavernas desenvolvidas em quartzitos. As cavernas que merecem maior destaque, nessa litologia, se desenvolvem em quartzitos da Formação Moeda e estão situadas, no Pico do Inficionado da Serra do Caraça, ao norte do Complexo de Germano, onde se localizava a barragem de Fundão.

As cavidades/abrigos, anteriormente cadastrados no banco de dados do CECAV, objeto dessas vistorias, nas adjacências da barragem de Santarém, desenvolvem-se em filitos, xistos e apenas uma em canga.

2.2.4.2 Histórico dos levantamentos espeleológicos na área

Em função das necessidades de licenças ambientais tanto para as áreas de lavra quanto para alteamento da barragem de Santarém, a área da Samarco foi objeto de alguns levantamentos espeleológicos, entre os quais, cabe destacar o relatório para atendimento ao auto de fiscalização – prospecção espeleológica, realizado pela Agroflor – Engenharia e Meio Ambiente – e o relatório de topografia de cavidades e abrigos, realizado pela CARSTE, ambos executados em 2013.

De acordo com os referidos documentos, é possível perceber divergências quanto à gênese adotada. Segundo a classificação apresentada pela Agroflor, as cavidades e abrigos cadastrados eram de origem antrópica, associados a antigas escavações. O relatório elaborado pela CARSTE trata apenas como feições subterrâneas, conforme Tabela 10.

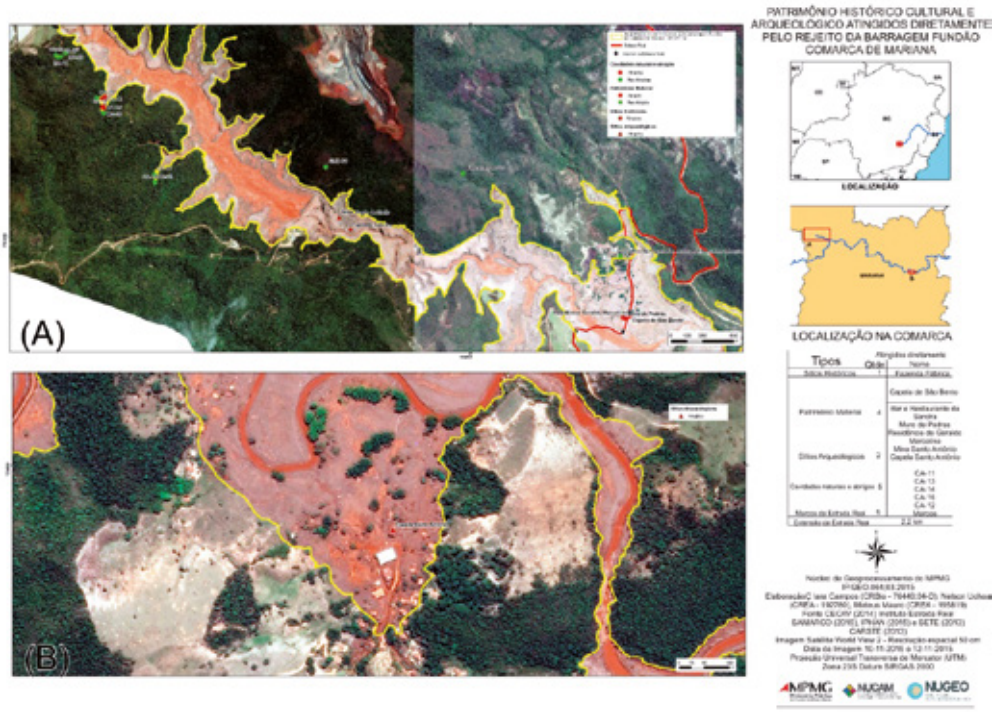
Tabela 10 – Classificação das feições subterrâneas definidas pela CARSTE e Agroflor.

DENOMINAÇÃO	AGROFLOR 2013	CLASSIFICAÇÃO AGROFLOR 2013	CARSTE 2013	CLASSIFICAÇÃO CARSTE 2013
CA-07	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-08	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-09	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-10	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-11	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-12	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-13	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-14	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-15	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-16	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-17	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-18	CAVIDADE	ESCAVAÇÃO ANTIGA	CAVIDADE	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-19	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
CA-20	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA
SMD-01	ABRIGO	ESCAVAÇÃO ANTIGA	ABRIGO	FEIÇÃO SUBTERRÂNEA

2.2.4.3 Visita espeleológica preliminar

Com base na legislação descrita e conforme documento do Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG), Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico (Figura 38), e devido à proximidade de algumas cavidades indicadas nesse documento com a área da mineração e barragens de rejeito, deu-se prioridade para uma vistoria técnica inicial dos pontos CA-11 a CA-16. Essas atividades foram realizadas no mês de julho de 2017 e contaram com o acompanhamento das equipes da Fundação Renova e da Samarco, responsáveis pelos assuntos relacionados à espeleologia.

Figura 38 – Localização das cavidades/abrigos elencadas como atingidas pelo rejeito.



Nota: A imagem está em baixa resolução conforme obtida na fonte.

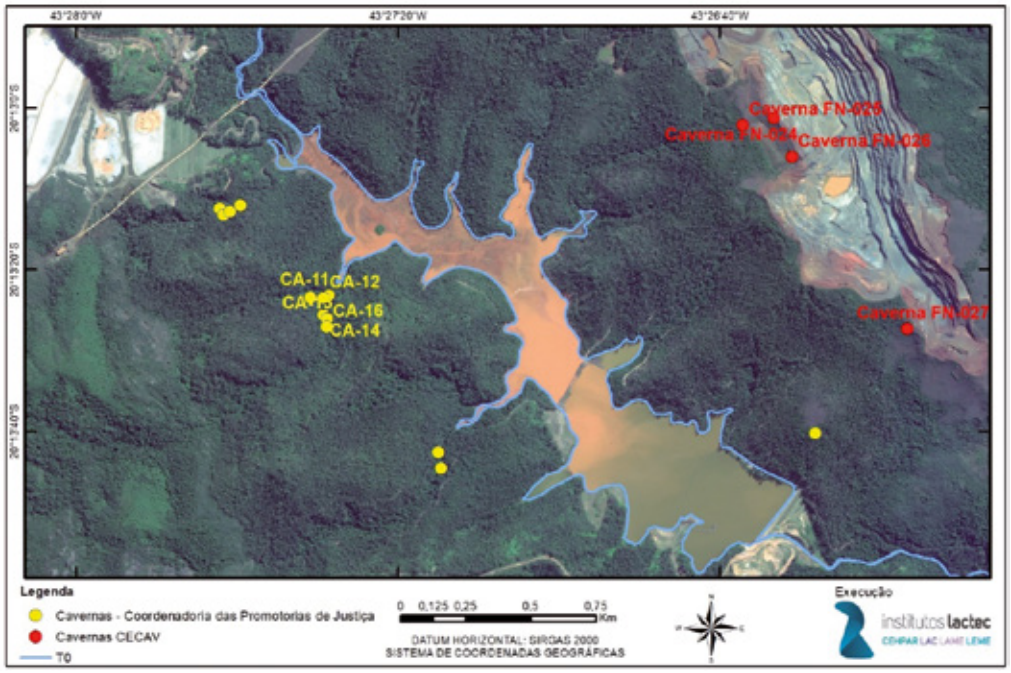
Fonte: MPMG (2017).

No referido documento, são indicadas cinco cavidades/abrigos que teriam sido diretamente atingidas, das quais foram visitadas tecnicamente quatro. As demais não foram identificadas ou as condições de acesso eram críticas, devido, sobretudo, à topografia acentuada e presença de vegetação densa, de forma que, por orientação dos técnicos de segurança da Samarco, o acesso não foi permitido. Novas visitas técnicas serão programadas com antecedência, permitindo prévia limpeza dos acessos.

Conforme mencionado, a visita técnica foi realizada nas cavidades denominadas de CA-14, CA-15, CA-16, além de mais uma cavidade (abrigo sem denominação), indicadas na Figura 38.

As cavidades/abrigos indicadas no documento do Patrimônio Histórico Cultural foram georreferenciadas e incorporadas ao banco de dados em GIS, conforme Figura 39.

Figura 39 – Localização das cavidades/abrigos vistoriadas em campo e demais mapeadas pelo CECAV e Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico sobre imagem orbital World View 2, de 10/11/2015.



Nessas visitas técnicas preliminares foram obtidas, essencialmente, medidas de altura, desenvolvimento e demais atributos para a sua classificação conforme o grau de relevância.

Na sequência está apresentada a descrição resumida das cavidades/abrigos visitadas:

Cavidade/Abrigo – sem identificação – coordenadas UTM 23S – 661070/7763098 – localizada no lado direito da barragem de Santarém. Caracteriza-se por um bloco de rocha rolado sobre a drenagem, formando um pequeno abrigo, com a presença de vegetação rasteira. A rocha foi descrita, macroscopicamente, como um quartzo, mica, xisto. Não foram identificadas manifestações culturais, espeleotemas e demais atributos relevantes (Figura 40).

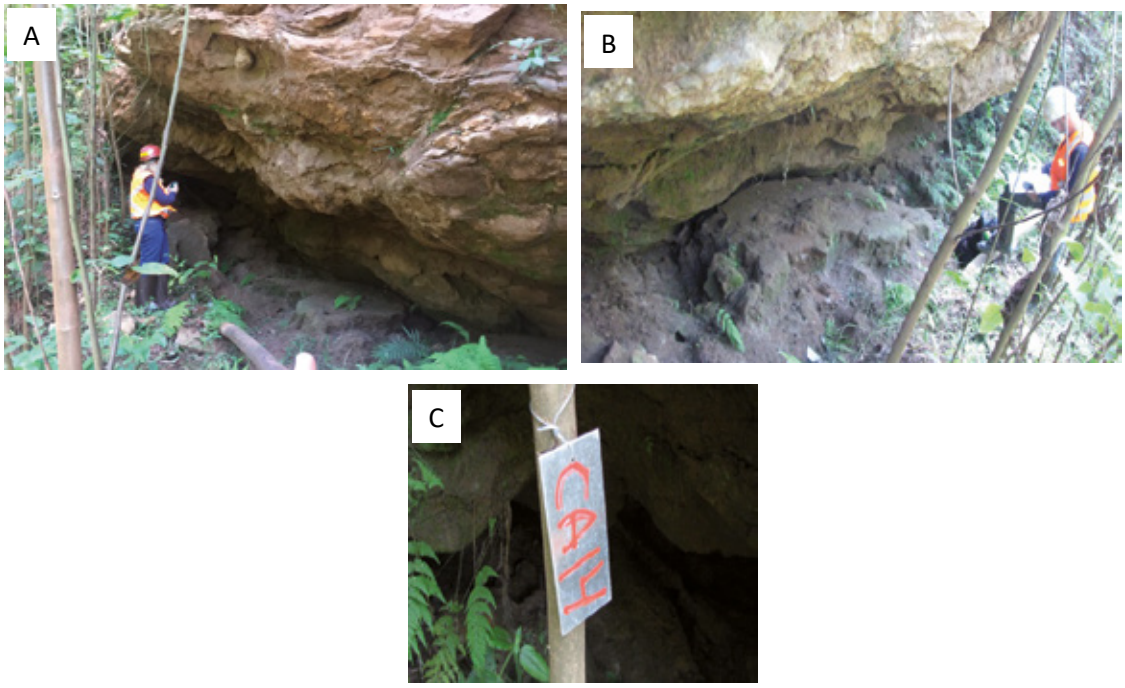
Figura 40 – Cavidade/abrigo sem identificação.



CA-14 – coordenadas UTM 23S – 661095/7763023 – cavidade/abrigo identificada por placas numeradas – localizada no lado direito da barragem de Santarém (Figura 41). Está posicionada na meia encosta da vertente e caracteriza-se por apresentar a abertura paralela ao plano principal de foliação (N15E/70SE). As medidas realizadas indicam uma abertura média de 8,5 m e desenvolvimento médio de 2,20 m.

A rocha foi descrita macroscopicamente como sendo um quartzo, mica, xisto, e igualmente não foram identificadas manifestações culturais, espeleotemas e demais atributos relevantes.

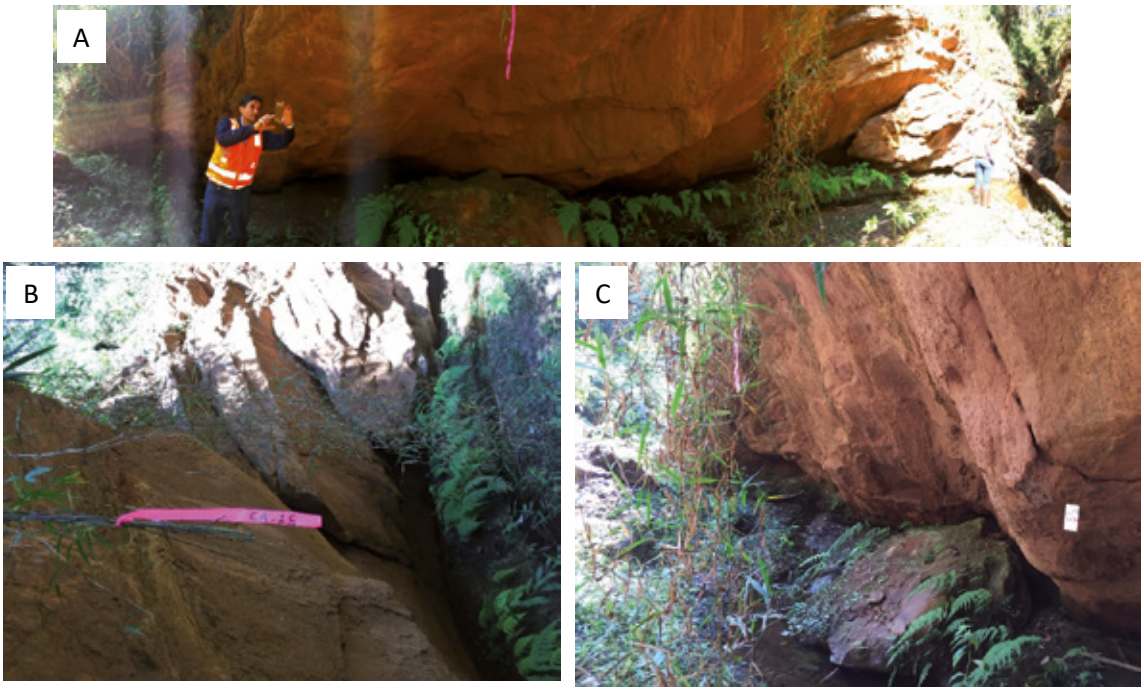
Figura 41 – A) e B) Vista geral da cavidade/abrigo CA-14 e C) Placa de identificação.



CA-15 – coordenadas UTM 23S – 661095/7763027 – cavidade/abrigo identificada por placas numeradas – localizada no lado direito da barragem de Santarém. Está posicionada junto à drenagem, paralela a esta (Figura 42). É caracterizada por apresentar a abertura paralela ao plano principal de foliação (N22W/50SW). As medidas realizadas indicam uma abertura média de 10,0 m e desenvolvimento de 2,0 m.

A rocha foi descrita, macroscopicamente, como sendo um quartzito e igualmente não foram identificadas manifestações culturais, espeleotemas e demais atributos relevantes.

Figura 42 – Cavidade/abrigo CA-15.



CA-16 – coordenadas UTM 23S – 661100/7762983 – cavidade/abrigo identificada por placas numeradas e está localizada no lado direito da barragem de Santarém. Está posicionada junto à drenagem, paralela a esta (Figura 43). É caracterizada por apresentar a abertura paralela ao plano principal de foliação (N10E/55SE). As medidas realizadas indicam uma abertura média de 13,0 m e desenvolvimento médio de 2,0 m.

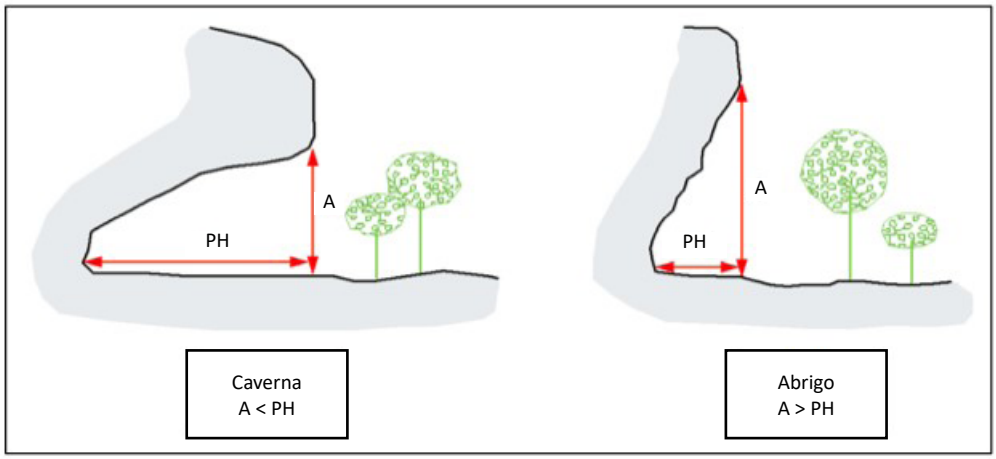
A rocha macroscopicamente foi descrita como sendo um quartzito e igualmente não foram identificadas manifestações culturais, espeleotemas e demais atributos relevantes.

Figura 43 – Cavidade/abrigo CA-16.



De acordo com a IS nº 08/2017 (ASNOP, 2017), essas cavidades, devido à relação da altura da entrada x desenvolvimento, classificam-se como abrigos, conforme indicado na Figura 44.

Figura 44 – Classificação de abrigos e cavidades conforme o desenvolvimento, IS nº 08/2017, sendo A = altura da entrada e PH = desenvolvimento.



Fonte: ASNOP (2017).

2.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A abordagem empregada no levantamento da linha-base do segmento do ciclo hidrológico ocupado pela água subterrânea é norteada neste trabalho para subsidiar o entendimento desse recurso e de sua importância para parte da população diretamente afetada pelo rompimento da barragem de Fundão. Não se trata de um levantamento homogêneo sobre toda a extensão da bacia hidrográfica do rio Doce, mas orientado para a área que se evidencia como sendo realmente afetável pelo rompimento da barragem de Fundão. Esse foco em uma área relativamente restrita da bacia, no entanto, não prescinde de que se aborde aspectos da bacia como um todo.

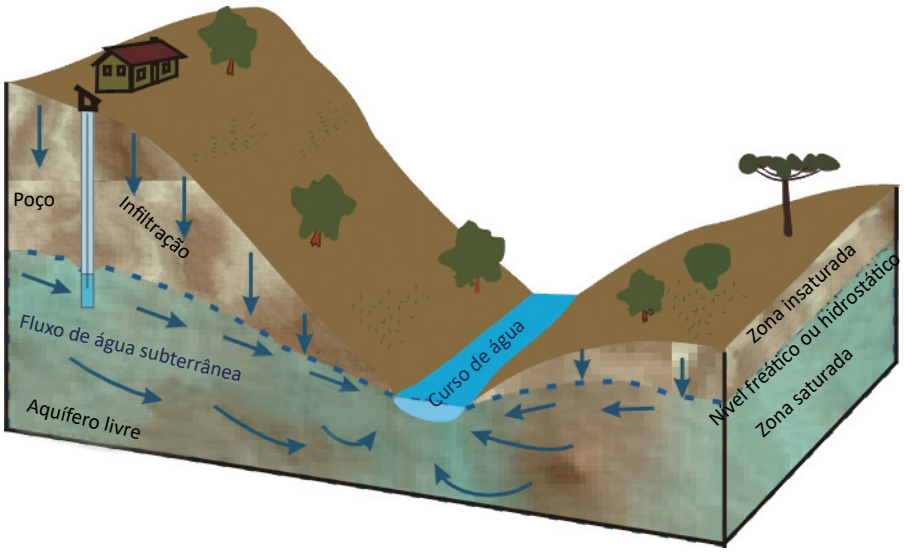
2.3.1 CONCEITOS

A Resolução nº 396 do CONAMA (2008) considera como águas subterrâneas aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo. Esta é uma definição prática que remete diretamente ao conceito de aquífero, que é uma unidade geológica com capacidade de armazenar água em seus vazios, que pode ser economicamente extraída.

A água subterrânea é a água que, equilibrada com a atmosfera, infiltra na superfície do terreno, interage com o solo e com material rochoso e quando retorna à superfície alimenta os rios e outros corpos d'água superficial. Em uma visão bastante simplista, pode ser considerado que ela contém dissolvidos, elementos que estavam presentes nas rochas e não ficaram retidos nos solos. Em seu trajeto entre a infiltração e a descarga, ela vai adquirindo suas características químicas. Tais características naturais são passíveis de serem alteradas por contaminações antrópicas.

A água subterrânea ocorre abaixo da superfície do terreno, ocupando os vazios existentes, seja entre os grãos de solo, sedimentos ou rochas sedimentares ou ainda em fissuras de rochas maciças e vazios formados por dissolução de rochas mais solúveis (FETTER, 1994; FREEZE; CHERRY, 2017). A água, quando em subsuperfície, se distribui em uma zona insaturada e uma zona saturada onde todos os vazios interconectados estão preenchidos pela água. Devido a fenômenos de capilaridade, a zona saturada e a zona insaturada são separadas por uma superfície irregular ou franja, com amplitude centimétrica, dependendo das características do arcabouço sólido. A Figura 45 apresenta de um modo genérico as condições de fluxo da água subterrânea em um segmento de uma bacia hidrográfica com drenagem efluente, como é o caso da bacia do rio Doce. Efluente pois o aquífero alimenta o rio com a água. Quando o rio alimenta o aquífero, o rio é considerado influente.

Figura 45 – Comportamento da água subterrânea em um segmento de bacia hidrográfica com rio efluente.



Fonte: Lactec (2018), com base em Fetter (1994).

Tradicionalmente, para efeitos práticos, a água subterrânea acima da zona saturada é tratada principalmente pelas ciências do solo, enquanto a água abaixo do limite entre as zonas saturada e insaturada, ou nível freático, é objeto de um ramo da geologia, a **hidrogeologia**. Esse segmento das ciências da Terra se ocupa dos aquíferos. Os aquíferos dependem da alimentação pela água superficial em suas **zonas de recarga** e alimentam os cursos de água em seus pontos de descarga.

O fluxo de água que penetra no solo tem sua velocidade controlada pelas características dos espaços vazios interconectados por onde ela passa. Se os dutos são estabelecidos em solo ou sedimentos finos, o trânsito é mais lento do que no caso de um substrato grosseiro ou na presença de fissuras ou vazios de dissolução. Quanto mais lento é o trânsito da água em subsuperfície, maior é a facilidade de interação da água com as fases sólidas presentes.

A superfície da zona saturada é denominada superfície freática ou simplesmente **freático**, que vem a ser a superfície potenciométrica do **aquífero livre** (Figura 45). Quando dentro da zona saturada ocorre um nível impermeável, o corpo aquífero abaixo do mesmo é denominado **aquífero confinado**. O aquífero livre ou **freático** é aquele mais facilmente acessível, no entanto é o mais vulnerável a contaminações, por estar a menor profundidade. A retenção do fluxo de água de infiltração por interação com as fases sólidas leva a que a superfície do freático geralmente reproduza de uma forma atenuada a superfície do terreno. Na zona insaturada o fluxo é vertical, enquanto na zona saturada há a tendência de a água transitar até o chamado **nível de base**, que normalmente é materializado por um curso de água, uma lagoa ou mesmo o oceano.

Os aquíferos podem ser classificados conforme os tipos de vazio que abrigam a água subterrânea. Ou seja: aquíferos porosos, fissurais ou cársticos. Nos **aquíferos porosos**, geralmente estabelecidos em rochas sedimentares granulares, a água ocorre entre os grãos de sedimentos. Nos **aquíferos fissurais**, são fraturas ou fissuras que possibilitam o fluxo de água. Os **aquíferos cársticos** contêm água nos vazios criados pela dissolução de seu arcabouço de rochas carbonáticas. Ocorrem também aquíferos fissuro-cársticos, que mantêm tanto características de aquíferos fissurais quanto de aquíferos cársticos. O substrato litológico da BHRD leva a que os aquíferos mais importantes sejam os aquíferos fissurais.

As propriedades da água subterrânea envolvem as características hidráulicas do seu fluxo no interior dos aquíferos e as características hidroquímicas. Das características hidráulicas do deslocamento da água subterrânea, a **permeabilidade** ou **condutividade hidráulica** dos aquíferos é unidade de importante no caso em tela, pois representa a velocidade de movimentação da massa de água (FREEZE; CHERRY, 2017). A título de comparação com a água superficial, enquanto a água na superfície tem comumente como unidade de velocidade de fluxo m. s^{-1}, a condutividade hidráulica é comumente expressa em cm. $hora^{-1}$.

A movimentação da água subterrânea se dá segundo a lei de Darcy, onde **L** é a distância percorrida pela água em um meio poroso, **K** é um coeficiente de proporcionalidade, **A** é a área por onde o fluxo se dá, e $\mathbf{h}_A$ e $\mathbf{h}_B$ são as alturas da água entre o início e o fim do trecho considerado.

$$Q = KA\left(\frac{h_A - h_B}{L}\right)$$

O coeficiente K é denominado condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade.

Esses conceitos são importantes para a estimativa das possibilidades de deslocamento da água subterrânea nos aquíferos. No caso de aquíferos porosos, a Tabela 11 apresenta as faixas de valores de condutividade hidráulica para diferentes classes granulométricas.

Tabela 11 – Faixas de condutividades hidráulicas para sedimentos inconsolidados.

Material	Condutividade hidráulica (cm/s)
Argila	$10^{-9} – 10^{-6}$
Silte, silte arenoso e areias argilosas	$10^{-6} – 10^{-4}$
Areias siltosas, areias finas	$10^{-5} – 10^{-3}$
Areias grossas	$10^{-3} – 10^{-1}$
Seixos	$10^{-2} – 1$

Fonte: Fetter (1994).

Em aquíferos fissurais, a condutividade hidráulica depende essencialmente da abertura, comprimento e espaçamento das fraturas. A condutividade hidráulica também pode variar conforme a orientação, a natureza da matriz e as paredes das fraturas (COOK, 2003).

O acesso à água subterrânea se dá, geralmente, por meio de poços rasos do tipo cacimba, poços tubulares rasos ou poços tubulares profundos. Os poços rasos do tipo cacimba, também denominados cisterna ou poço amazonas, são poços de diâmetro superior a um metro, escavados manualmente e revestidos com tijolos, pedras ou anéis de concreto (ABAS, 2019). Captam água do freático e possuem profundidades geralmente inferiores a 20 metros e não necessitam de licenciamento ou autorização de órgãos gestores (ABAS, 2019).

O aquífero freático ou livre em locais de substrato pouco resistente, normalmente arenoso, é acessado por poços tubulares rasos, ou poços tipo ponteira, em que a tubulação para extração da água é cravada diretamente no solo. Permitem a extração de pequenas vazões. Esses poços são utilizados com frequência em regiões de sedimentos litorâneos.

Poços tubulares profundos são obras de engenharia geológica de acesso à água, executadas com sonda perfuratriz, mediante perfuração vertical com diâmetro comumente entre 4 e 26 polegadas e profundidades que podem atingir 2.000 metros (ABAS, 2019). Os poços tubulares profundos carecem de autorização para sua construção e operação, sendo que no estado de Minas Gerais o órgão responsável para tal é o IGAM.

Os poços constantes no SIAGAS têm como principais informações registradas, além da localização e dados construtivos, a vazão específica, que vem a ser a vazão obtida por metro de rebaixamento do nível da água no poço, e a vazão de produção correspondente. A vazão de produção é a vazão estabelecida como adequada para a utilização considerada sustentável do poço.

O CPRM – Serviço Geológico do Brasil mantém um banco de dados hidrogeológicos: o SIAGAS onde estão registrados os poços tubulares profundos de todo o Brasil. O banco deve ser alimentado pelos responsáveis pelo poço, porém as informações registradas nem sempre são completas. No SIAGAS também são determinados o nível estático e o nível dinâmico da água no poço. O nível estático é o nível do freático no local e o nível dinâmico corresponde ao nível do poço quando operando no regime estabelecido para a vazão de produção.

Para a avaliação da linha-base, o banco de dados do SIAGAS (CPRM, 2017) foi a principal fonte de informações sobre os poços existentes na bacia do rio Doce.

2.3.1.1 Valores de referência de qualidade de água subterrânea

A maioria dos estados brasileiros ainda não possui valores de referência de qualidade de água por aquífero, visto isso, a melhor referência de qualidade de água disponível é a Resolução CONAMA nº 396/2008. Esse dispositivo legal trata da classificação das águas subterrâneas e tem por meta ou objetivo de qualidade de água a ser alcançado ou mantido em um aquífero, grupo de aquíferos ou sua fração. As classes são definidas em função do conjunto de condições e padrões de qualidade, estabelecidos por Valores de Referência de Qualidade Natural (VRQ) obtidos por tratamento estatístico de dados de monitoramento e por um Valor Máximo Permitido (VMP) de um dado parâmetro em função do uso preponderante (MESTRINHO, 2012).

Como o balizamento da qualidade da água preconizado pela Resolução CONAMA nº 396/2008 depende de dados de um sistema de monitoramento ainda não implantado, tem sido usado como VMP o uso mais restritivo, que seria para consumo humano. A Tabela 12 apresenta os valores constantes do Anexo I da Resolução CONAMA nº 396/2008. Os elementos não críticos em termos de qualidade de água, porém fundamentais do ponto de vista hidrogeoquímico, apesar de não constarem da resolução, devem ser sempre que possível analisados. É o caso do cálcio, potássio, magnésio e do silício dissolvidos.

Tabela 12 – Extrato do ANEXO I da Resolução nº 386 do CONAMA, para substâncias inorgânicas.

Parâmetros inorgânicos	Uso predominante da água			
	Consumo humano	Dessedentacão de animais	Irrigação	Recreação
			µg L^{-1}	
Alumínio	200 (1)	5000	5000	200
Antimônio	5			
Arsênio	***10***	***200***		***50***
Bário	700			1000
Berílio	4	100	100	
Boro	500 (2)	5000	500 (4)	1000
Cádmio	***5***	***50***	***10***	***5***
Chumbo	***10***	***100***	***5000***	***50***
Cianeto	70			100
Cloreto	***250000 (1)***		100000 – 700.000	***400000***
Cobalto		1000	50	
Cobre	***2000***	***500***	***200***	***1000***
Cromo III e VI	***50***	***1000***	***100***	***50***
Ferro	***300 (1)***		***5000***	***300***
Fluoreto	***1500***	***2000***		***500***
Lítio			2500	
Manganês	***100 (1)***	***50***	***200***	***100***
Mercúrio	1	10	2	1
Molibdênio	70	150	10	
Níquel	***20 (3)***	***1000***	***200***	***100***
Nitrato (N)	***10000***	***90000***		***10000***
Nitrito (N)	***1000***	***10000***	***1000***	***1000***
Prata	100			50
Selênio	10	50	20	10
Sódio	***200000 (1)***			***300000***
Sól. Tot. diss. (STD)	1000000			
Sulfato	***250000 (1)***	***1000000***		***400000***
Urânio	15 (2, 3)	200	10 (4)	
Vanádio	50	100	100	
Zinco	***5000 (1)***	***24000***	***2000***	***5000***

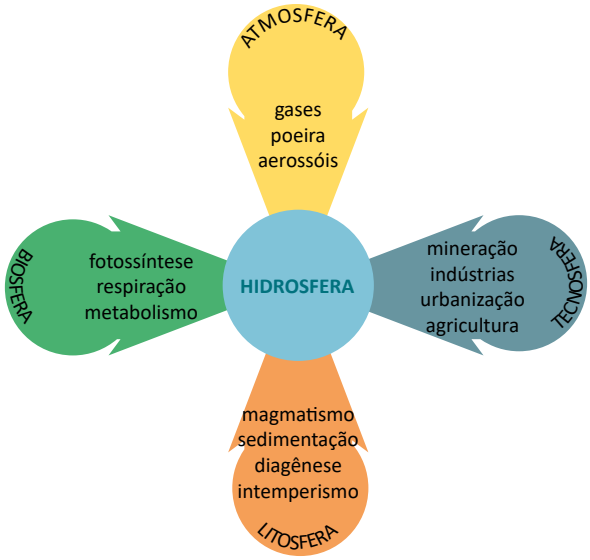
Observações: 1) Efeito organoléptico; 2) máxima conc. na água de irrigação em 100 anos; 3) máxima conc. na água de irrigação em 20 anos; 4) Taxa de irrigação ≤ 3500 $m^3\,ha^{-1}$; 5) Taxa de irrigação ≤ 7000 $m^3\,ha^{-1}$; 6) Taxa de irrigação ≤ 12000 $m^3\,ha^{-1}$.

2.3.1.2 Contexto geoambiental

Para se analisar as consequências do evento catastrófico sobre as águas subterrâneas, há que se levar em conta o contexto geoambiental em que o processo ocorreu. Um evento de movimentação de massa como este em tela tem capacidade de influenciar a água subterrânea tanto em termos de sua composição química, ou seja, a qualidade da água, quanto em termos de sua quantidade ou disponibilidade no compartimento hidrogeológico envolvido.

A identificação da origem dos componentes encontrados no meio hídrico, seja em solução, ou sob a forma particulada, se dá por interferência praticamente de todas as esferas geoquímicas (FORTESCUE, 1982), como ilustrado na Figura 46. Não há, como tratar isoladamente a água subterrânea em relação à água superficial, visto que se está considerando neste capítulo a água como um todo, porém focalizando suas características enquanto subterrânea.

Figura 46 – Interferências das outras esferas geoquímicas sobre a hidrosfera.



Deve-se considerar as influências que os elementos químicos diretamente envolvidos no processo minero-industrial, ou seja, o minério bruto que é uma rocha e alguns aditivos orgânicos usados, têm sobre a composição química da água. Trata-se de uma contribuição direta da tecnosfera, ou antroposfera, sobre a hidrosfera. O material armazenado na barragem rompida foi gerado no processo de beneficiamento de minério de ferro, sendo um concentrado de hematita, óxido de ferro, removido do sistema e um rejeito basicamente formado por óxido de silício, hematita residual, oxihidróxidos de ferro e aluminossilicatos, acrescidos de matéria mineral ou orgânica em quantidade muito subordinada (LACTEC, 2018).

O elemento mais abundante na Terra é o ferro, vindo em seguida o oxigênio, silício, magnésio, níquel, enxofre, cálcio, alumínio, sódio, cromo, manganês, cobalto, fósforo, potássio e o resto da tabela periódica. Foi estimado que 90% da Terra é constituída por apenas quatro elementos: ferro, oxigênio, silício e magnésio, nessa ordem. Os outros elementos em percentual superior a 1% são níquel, cálcio, alumínio e enxofre. Sódio, potássio, cromo, cobalto, fósforo, manganês e titânio seriam os únicos em proporção entre 0,1 e 1% (MASON, 1971).

As rochas, componentes da litosfera, são diretamente intervenientes em características da hidrosfera, sendo a fonte natural principal dos elementos químicos presentes na água subterrânea. Os elementos mais solúveis e, portanto, mais móveis, que estão presentes em quantidade apreciável na água coincidem com suas proporções nas rochas. Além dessas contribuições, adicionam-se à água elementos participantes da atmosfera, como o gás carbônico e outros componentes em pequena proporção. A ação biológica contribui principalmente como intermediária ou facilitadora das trocas entre a atmosfera e a hidrosfera.

A porção da Terra que tem contato direto com a água é a crosta terrestre. Quando considerada a composição média da crosta, o nível de base de qualquer distribuição de elementos aponta apenas oito tipos de átomo compondo cerca de 99% do volume da crosta. São eles: oxigênio, silício, alumínio, ferro, magnésio, cálcio, sódio e potássio, sendo o oxigênio sozinho o responsável por 94% do referido volume. Esses elementos formam, em diferentes proporções, todas as rochas magmáticas realmente abundantes na crosta terrestre e, provavelmente, na bacia hidrográfica do rio Doce.

Outra fase que se formou e agrupou elementos importantes na Terra é a fase sulfetada, que envolve elementos afins ao enxofre, como é o caso do próprio ferro, e alguns elementos com potencial deletério à saúde dos seres vivos quando absorvidos por estes. Nesse contexto, pode-se destacar o arsênio, chumbo, cádmio, cobre, cobalto e outros. Ainda se pode apontar os elementos calcófilos, ou afins ao enxofre, como o zinco e o selênio, que até determinada proporção são benéficos aos seres vivos, e o ouro e a prata, bens minerais raros, porém concentrados em fases sulfetadas exploradas a partir de rochas do QF.

O ferro é o quarto elemento mais abundante do conjunto das rochas da crosta terrestre, portanto sua presença em um corpo d'água não pode ser considerada uma anomalia. O mesmo ocorre com o alumínio, menos abundante na crosta apenas do que o oxigênio e o silício.

As rochas sobre as quais se estabeleceu a bacia do rio Doce são a principal fonte do material presente em solução ou sob a forma particulada incorporada na água dos corpos superficiais ou subterrâneos daquele compartimento hídrico.

As rochas estabelecidas no ambiente interno da crosta, quando levadas à superfície, são submetidas a processos da dinâmica externa, como o intemperismo, que geralmente fragiliza mecanicamente as rochas. Pela interação com o ciclo hidrológico, o manto de alteração intempérica das rochas, denominado regolito, é passível de ser deslocado por ação da gravidade e agentes climáticos. Os elementos químicos das rochas originais se redistribuem entre o regolito, solo formado e a água. Nesse processo têm-se as rochas se modificando pela interação com a água, que também se transforma em termos de componentes dissolvidos.

No caso das cabeceiras do rio Doce, o embasamento rochoso foi estabelecido por uma convergência de processos geológicos que propiciaram condições físico-químicas para que vários elementos químicos, mais ou menos abundantes, se concentrassem ao ponto de poderem ser extraídos economicamente. É o caso do próprio ferro e do ouro, explorados desde longa data em Ouro Preto e Mariana. O manganês também se concentrou nas proximidades, culminando com a jazida do Morro da Mina, por muito tempo explorada em Conselheiro Lafayette. Enfim, o nível de base desses elementos e de

outros geoquimicamente associados é relativamente elevado nas rochas e solo, com reflexo potencial também na água superficial e subterrânea.

Usualmente o emprego do termo 'água' refere-se não apenas ao composto químico H_2O, porém a uma solução formada por diversos compostos dissolvidos ou não incorporados no meio hídrico. A água subterrânea tem suas características qualitativas ditadas, sobretudo pelo quimismo e solubilidade dos materiais com os quais teve contato no caminho de seu fluxo. Quanto mais solúveis os componentes dos aquíferos e quanto maior for o tempo de contato entre a água e os sólidos do substrato percolado, maior será a alteração na composição da solução aquosa. Fatores inerentes ao ambiente hídrico, como sua acidez, expressa pelo pH, o estado de oxidação e a temperatura, também pautam a composição química da água, além das características da água antes da infiltração no substrato e dos próprios componentes em solução.

Praticamente todas as soluções aquosas naturais, superficiais ou subterrâneas, têm como componentes majoritários dissolvidos, entre os ânions: bicarbonato/carbonato (HCO^{3-}/CO_3^{2-}), cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}). Os cátions majoritários, por sua vez, são: cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+). A água que interage com materiais orgânicos e fertilizantes agrícolas, por exemplo, também pode apresentar íon nitrato (NO_3^-) entre os componentes principais. Um outro componente abundante, este não ionizado, presente dissolvido em praticamente todos os corpos hídricos naturais é a sílica (SiO_2 ou $SiO_2 \cdot 2H_2O$). As proporções entre esses componentes majoritários são importantes para se identificar o caráter geoquímico das águas. Água que esteve em contato íntimo com rochas calcárias tende a ser bicarbonatada ou carbonatada cálcica ou magnesiana, água afim a rochas sedimentares clásticas de origem marinha tende a ser cloretada sódica, assim como água subterrânea muito antiga, água que sofreu contaminação por efluentes urbanos e fertilizantes nitrogenados, tende a apresentar alta concentração de nitrato (> 4 mg.L-1) e assim por diante.

Como pode ser observado, todos os elementos mencionados como cátions e o silício estão entre os mais abundantes da crosta terrestre, o que não ocorre com elementos presentes nos ânions, à exceção do oxigênio e do enxofre. O nitrogênio e o carbono, que não estão entre os mais abundantes das rochas, estão concentrados na atmosfera e na biomassa.

A massa de rejeitos acumulada na barragem de Fundão, anteriormente ao seu rompimento, comportava-se como um conjunto rochoso com uma fase insolúvel e água em seus interstícios, contendo componentes dissolvidos. Essa fase dissolvida, de um modo ou outro, era vertida para a drenagem de superfície.

Caso os estratos depositados na barragem fossem homogêneos, a fase solúvel liberada pelo desastre, em princípio, continuaria com características semelhantes a que fluía anteriormente. No caso de heterogeneidades nos estratos, fruto de diferenças na composição dos rejeitos, esse quadro pode ter sido e estar sendo alterado. Tais alterações eventuais podem acarretar mudanças no ambiente físico-químico onde os rejeitos estão se depositando. Elementos insolúveis em ambiente redutor, onde o oxigênio é carente, podem se mobilizar e incorporar a fase líquida quando o ambiente for oxidante, como é o caso do urânio, cromo e outros elementos. Ferro e manganês são muito pouco solúveis em ambiente oxidante de pH próximo à neutralidade e bastante solúveis em ambiente redutor com baixa concentração de enxofre.

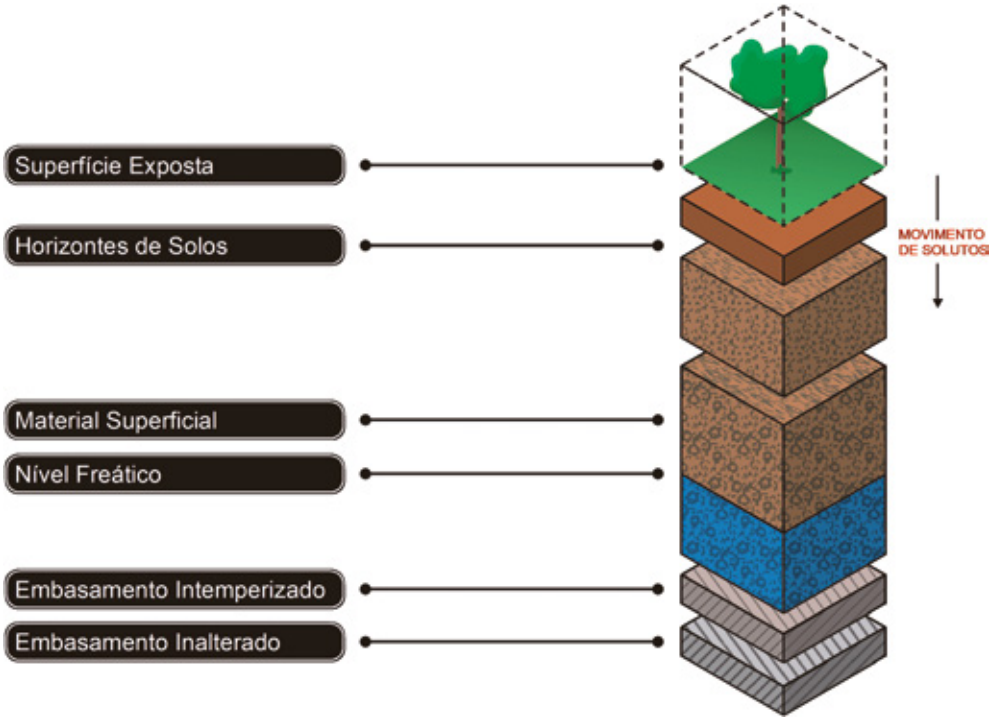
A influência dos rejeitos na composição da água subterrânea tende a ser mais significativa na faixa de poucas dezenas de metros da calha do rio, devido às características intrínsecas dos rios com características efluentes. As áreas de várzea submersas durante as cheias são áreas de recarga dos aquíferos locais, portanto são vulneráveis a alterações na composição do fluxo fluvial diretamente afetadas, e são zonas de descarga dos aquíferos, exceção se faz à área contígua à barragem rompida.

Como a bacia do rio Doce sedia uma grande diversidade geológica, englobando importante província mineral, a diversidade geoquímica da área afetada é grande e deve ser considerada no diagnóstico ambiental, notadamente em se tratando de qualidade da água.

2.3.1.3 Ambiente geoquímico

Os processos que levam ao estabelecimento de um ambiente da superfície da Terra podem ser abordados sob uma sistemática baseada nos conceitos de geoquímica de paisagens estabelecidos por Polinov (1937) e retomados por Fortescue (1982). Assim sendo, em uma região de clima tropical ou subtropical, podem ser considerados três tipos básicos de ambientes naturais: ambiente eluvial (Figura 47), ambiente aqual (Figura 48) e ambiente supra-aqual (Figura 49).

Figura 47 – Prisma de paisagem ilustrando um ambiente eluvial típico.



Fonte: Modificado de Polinov (1937).

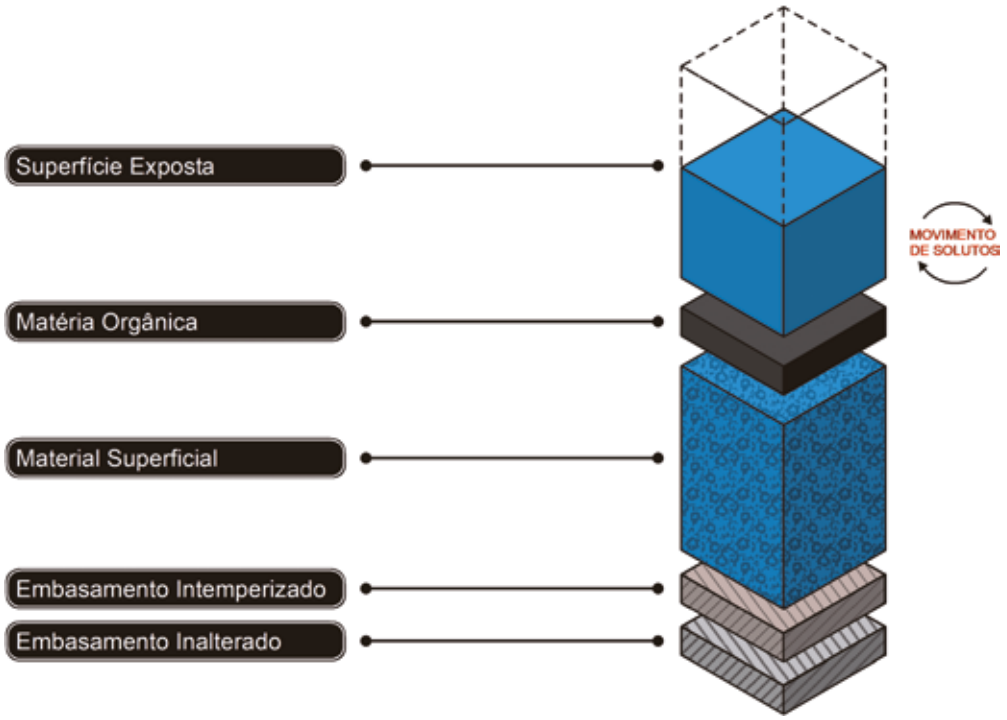
No ambiente eluvial e clima pluvial, o nível potenciométrico do aquífero livre se situa abaixo da superfície do terreno e a direção geral dos fluxos hídricos com o material por ele transportado é predominantemente de cima para baixo. As camadas superiores do solo, em sentido amplo, evoluem em ambiente oxidante resultando em um material empobrecido em elementos solúveis, que se incorporam à água do aquífero freático e com ele se movimentam em direção à rede de drenagem. Elementos como o ferro, alumínio e manganês ficam em sua maior parte retidos nos horizontes pedogenéticos que se desenvolvem, notadamente nos níveis de acumulação.

Outros elementos minoritários, sem alcançarem níveis de saturação para viabilizarem a cristalização de minerais individuais, podem ser sorvidos e sequestrados por minerais ferruginosos e manganesíferos formados, ficando com eles retidos nos solos. É o caso do arsênio, que, entre outros, tem afinidade com óxidos, hidróxidos ou oxihidróxidos de ferro, como lembram Borba e Figueiredo (2004). O bário, como outro exemplo, tem uma grande afinidade com minerais oxidados de manganês, como apontado por Rankama e Sahama (1962) e muitos outros pesquisadores subsequentes.

Se em períodos chuvosos o fluxo de água e a migração de elementos dissolvidos têm sentido de cima para baixo, em épocas de longas estiagens e clima seco, ocorre por capilaridade um fluxo do freático em direção à superfície do terreno, carregando consigo elementos dissolvidos que se concentram no solo quando a água é evaporada.

No ambiente em que o nível hidrostático se situa acima da superfície do terreno, ocorre o ambiente aqual, cuja ilustração é apresentada na Figura 48.

Figura 48 – Ilustração de um prisma de paisagem representando um ambiente aqual.

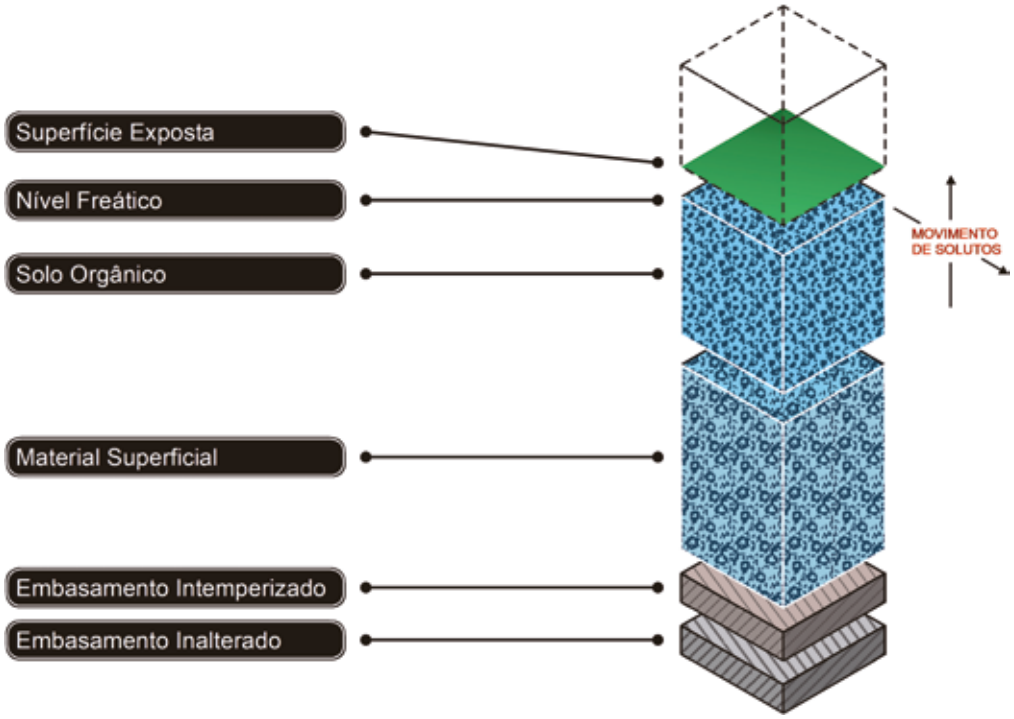


Fonte: Modificado de Polinov (1937) e Fortescue (1982).

É o ambiente que corresponde aos lagos naturais e também aos reservatórios formados pelo barramento de rios. Característica do ambiente aqual é a livre movimentação de solutos no interior do corpo hídrico exposto, normalmente separado do substrato lítico por um nível rico em matéria orgânica. Os níveis saturados inferiores à camada orgânica possuem caráter redutor, mantendo em solução elementos como o ferro, o manganês e outros metais de transição.

No ambiente supra-aqual (Figura 49), por sua vez, o nível hidrostático coincide com a superfície do terreno. Essa situação ocorre em áreas alagadiças ou banhados. As condições físico-químicas do terreno são redutoras à semelhança daquelas encontradas no ambiente aqual, pois comumente a superfície também está coberta por uma camada rica em material orgânico, formado por decomposição da vegetação.

Figura 49 – Ilustração de um prisma de paisagem de um ambiente supra-aqual.



Fonte: Modificado de Polinov (1937) e Fortescue (1982).

Os perfis de terreno em cada um dos ambientes sumariamente descritos são estabelecidos pela dinâmica da água, sob o clima vigente e sobre o substrato litológico local. A distribuição dos elementos químicos na fase sólida, solos ou alteritos, depende de condições que podem ser modificadas, mais ou menos intensamente, por variação climática. Se a mineralogia do solo e do regolito como um todo tem uma certa estabilidade em condições naturais devido à relativa lentidão das transformações mineralógicas, a água muda sua composição com uma velocidade muito maior. É essa água que se infiltra promovendo a migração dos elementos mais móveis, que são incorporados ao fluxo subterrâneo que vai alimentar as drenagens.

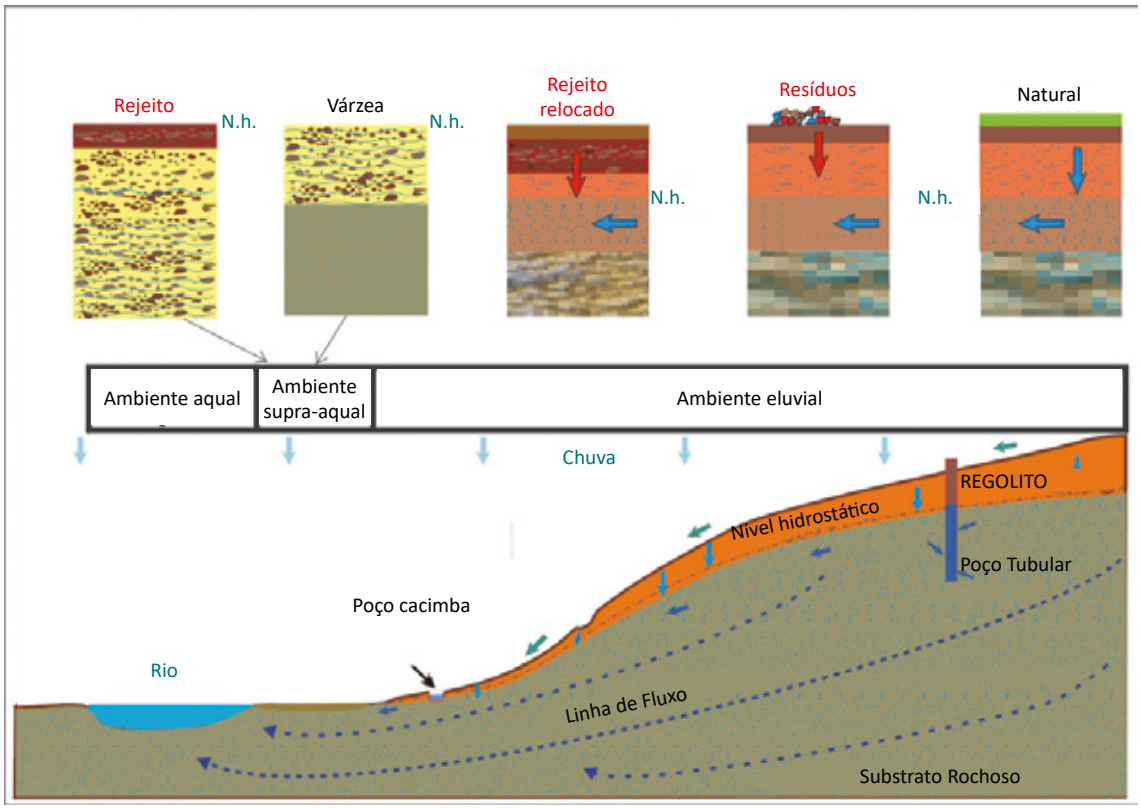
Sob a ótica da geoquímica das paisagens, a bacia hidrográfica do rio Doce sedia ambientes tipicamente eluviais em sua zona emersa, desde que a declividade do terreno permita o estabelecimento de um perfil de solo.

Ambientes aquais naturais foram estabelecidos nas lagoas marginais da porção média e inferior da bacia. A esses ambientes tipicamente aquais, somaram-se ambientes que podem ser denominados neo-aquais, que foram estabelecidos no interior dos reservatórios formados por barramentos no curso do rio Doce.

A área subaquática do curso do rio Doce e afluentes não se constitui em um ambiente aqual típico, conforme originalmente proposto por Polinov (1937) e implementado por Fortescue (1982), devido ao ambiente lótico do rio, onde não há condições para formação de um perfil de alteração minimamente estável do substrato. Lá a massa d'água em movimento impede que equilíbrios entre água e mineral sejam alcançados. Assim, o quimismo natural da água fluvial em uma determinada secção do rio é formado pela integração dos fluxos gerados em cada ambiente de montante.

A Figura 50 ilustra, simplificadamente, a situação de alguns ambientes geoquímicos que são encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD), bem como o comportamento geral dos fluxos de água subterrânea e o acesso à água subterrânea por poços tubulares profundos e poços rasos do tipo cacimba. A despeito desse relatório se referir precipuamente a aspectos anteriores ao desastre, na ilustração hipotética estão colocados dois perfis contendo níveis de rejeitos – um relativo a rejeitos depositados na planície de inundação do rio Doce e outro representando rejeitos removidos e dispostos em ambiente eluvial próximo.

Figura 50 – Ilustração de ambientes geoquímicos em um perfil hipotético da porção média da bacia do rio Doce.



Fonte: Lactec (2018).

2.3.1.4 Fluxos de matéria na bacia

A análise da composição dos aquíferos não deve prescindir da percepção dos sistemas de fluxos que movimentam matéria por veiculação hídrica no contexto da bacia hidrográfica do rio Doce. A Figura 51 ilustra alguns dos fluxos e processos percebidos como importantes na troca de matéria dissolvida e particulada entre os diferentes corpos d'água, com ênfase na situação dos aquíferos. Alguns desses processos e fluxos podem ser quantificados, como é o caso dos processos de erosão mecânica e deposição fluvial, fluxo superficial dissolvido e particulado (MORTATTI; PROBST, 1988), retirada do sistema de concentrado de minério, chuva, entre outros. Por outro lado, os fluxos promovidos pela ação biológica e pela ação humana difusa já são de avaliação mais complexa.

A Figura 51 procura representar esquematicamente processos relevantes que têm capacidade de influenciar na circulação de matéria em uma bacia hidrográfica hipotética, com rios efluentes,

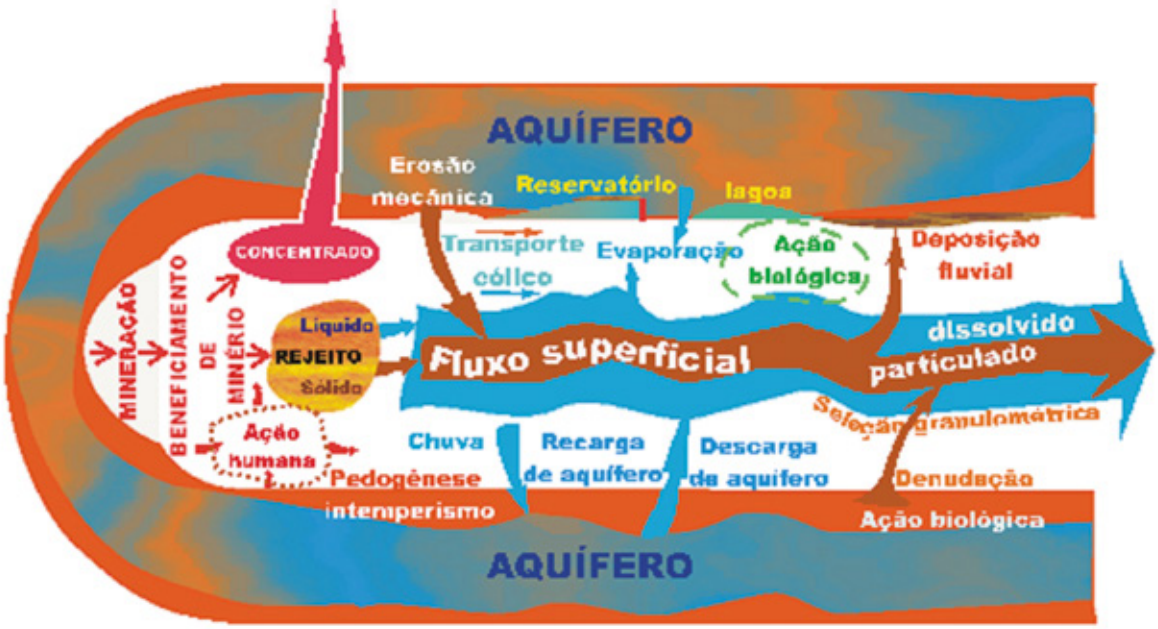
semelhante à BHRD. O formato em "U" não retrata processos restritos a uma ou outra margem do rio, sendo apenas um artifício para a Figura utilizar um espaço menor. É feita a representação em azul da situação da água subterrânea e superficial. Os aquíferos, intimamente relacionados ao solo e substrato rochoso, são retratados por uma combinação de azul da água com o marrom da fase sólida. O fluxo superficial é representado em azul quanto à sua fase em solução e em marrom quanto à sua fase sólida ou particulada. A fase particulada é alimentada pela erosão mecânica localizada ou pela denudação da superfície. Essa fase sólida sai do fluxo superficial pela deposição mecânica, enquanto a fase dissolvida vem dos aquíferos.

Na referida figura, a ação biológica, representada em verde, se distribui por todo o sistema, bem como a possibilidade de movimentação eólica de partículas, principalmente aerossóis.

Os processos de mineração ilustrados na cor vermelha são representados como promovendo um fluxo para fora do sistema bacia hidrográfica do minério beneficiado, permanecendo os rejeitos no sistema. Os rejeitos são apresentados como contribuintes tanto da fase sólida particulada quanto da fase em solução. A ação humana é ilustrada de um modo geral como atuante em todo o sistema ilustrado.

A presença de lagoas naturais e represas está registrada com uma cor azul esverdeado. É uma representação incompleta e pouco detalhada, porém procura contribuir para dar uma visão geral de processos atuantes na BHRD, com ênfase no papel da água, esteja ela na subsuperfície ou na superfície.

Figura 51 – Ilustração dos sistemas de fluxo que movimentam matéria por veiculação hídrica na bacia hidrográfica do rio Doce.



Fonte: Lactec (2018).

No que se refere a trocas de matéria entre a água dos aquíferos e dos corpos hídricos superficiais, sua avaliação quantitativa deve ser buscada, ao menos em termos de ordens de grandeza.

2.3.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Em se tratando de água superficial, a unidade natural de compartimentação ambiental é a bacia hidrográfica, por outro lado, a água subterrânea se distribui por aquíferos, cujas fronteiras não são restritas aos limites da bacia hidrográfica. No caso do rio Doce, manter os contornos da bacia hidrográfica delimitando o estudo das águas subterrâneas aparenta ser adequado.

A grande dimensão da área ocupada pela bacia hidrográfica leva a que sejam considerados três níveis de abordagem: a bacia inteira; segmentos restritos da bacia; poços ou grupos de poços tratados individualmente. Pelo volume de informações disponíveis, este relatório prioriza o nível mais geral, com base em informações pontuais, porém distribuídas por toda a área da bacia do rio Doce. Estudos detalhados em segmentos da bacia, praticamente, se restringiam, até o rompimento da barragem de Fundão, àqueles desenvolvidos na região de Mariana por interesse das mineradoras para orientar a lavra a céu aberto. Levantamentos mais completos foram e estão sendo desenvolvidos em segmentos da bacia, após o evento catastrófico e serão considerados no decorrer dos trabalhos.

Por limitações inerentes à dinâmica que controla a movimentação de fluidos em ambiente subterrâneo, a interferência direta da massa de rejeitos que se distribuiu ao longo da calha do rio Doce se restringe a uma estreita faixa nas margens do rio. Tomando como simples referência estudos do comportamento do aquífero fissural em uma região granítica na região de Vinhedo em São Paulo, Neves, Pereira e Morales (2002) identificaram a condutividade hidráulica variando entre 10^{-5} e 10^{-11} m/s, o que corresponde a um deslocamento da água entre aproximadamente 0,0003 m por ano e 315 m por ano. Em vista desses valores, os levantamentos focalizaram, de início, para consideração dos dados hidroquímicos, uma faixa total arbitrária de 1.500 m ao longo do trajeto percorrido pelos rejeitos até o oceano. Uma faixa mais estreita envolveria um número muito reduzido de poços. Essa faixa envolve os aquíferos porosos ligados ao Grupo Barreiras e Formação Linhares.

Alguns trabalhos acadêmicos sobre a água subterrânea, focados em áreas restritas, sobretudo na região do QF também contribuíram com conhecimento sobre o tema no âmbito da bacia hidrográfica do rio Doce. Entre esses trabalhos se destacam Mourão (2007), Cabral e Loureiro (2002) e Borba, Figueiredo e Cavalcanti (2004).

2.3.3 METODOLOGIA

2.3.3.1 Caracterização hidrogeológica

Tomando-se por limite a bacia hidrográfica do rio Doce, com os dados do SIAGAS, foram feitas avaliações da distribuição das variáveis registradas em cada poço, na área considerada. Do total de poços cadastrados, foram selecionadas as unidades que continham no mínimo dados de perfil litológico, vazão de produção, nível estático e dinâmico, além das coordenadas da boca do poço. Os valores de vazão foram locados no mapa, possibilitando uma visão da distribuição daquela variável na bacia. O mesmo foi feito com o nível estático.

2.3.3.2 Caracterização hidrogeoquímica

Para os dados secundários empregados nesse diagnóstico, por serem geralmente incompletos, não foi possível submeter a testes usuais de consistência, como balanço iônico, convergência da condutividade com sólidos totais dissolvidos e outros.

Os dados químicos obtidos junto ao SIAGAS (CPRM, 2017) foram representados em mapa apenas pela condutividade e pelo ferro, e variáveis químicas disponíveis em maior número de pontos de água.

Foram empregados diagramas simples do tipo x-y e diagramas de barra, construídos em planilhas do tipo Excel, e também diagramas trilineares.

Os diagramas trilineares compostos, como o diagrama de Durov e diagrama de Piper (DUROV, 1948; HEM, 1986; FETTER, 1994; FREEZE; CHERRY, 2017; SIMLER, 2018), têm a vantagem de apresentar em plano simultaneamente 6 variáveis expressas em equivalentes grama por litro, e possibilitam a classificação da água segundo seus componentes iônicos majoritários. Para a utilização desse tipo de ilustração gráfica são necessários, no mínimo, valores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, alcalinidade, SO_s^{2-} e Cl^{-}. Como esses diagramas expressam relações entre variáveis químicas, não são diretamente afetados por processos de diluição simples. Se em uma amostra uma variável tem o valor 20, outra o valor 50 e outra 30, o ponto correspondente a essa amostra no diagrama coincidirá com o ponto de outra amostra com variáveis que tenham, respectivamente, os valores de 2, 5 e 3.

2.3.3.3 Vulnerabilidade e risco de contaminação dos aquíferos

A vulnerabilidade dos aquíferos, segundo Foster e Hirata (1993), é entendida como o conhecimento das características intrínsecas que determinam a suscetibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante. É dependente da acessibilidade hidráulica de penetração de contaminantes e da capacidade de atenuação dos estratos situados acima da zona saturada.

O estabelecimento de classes de vulnerabilidade de um aquífero em uma área depende do conhecimento de suas características hidráulicas, entre as quais a profundidade da zona saturada e, direta ou indiretamente, a transmissividade hidráulica. Existem vários métodos utilizados atualmente para avaliação de classes de vulnerabilidade, sendo que Paralta, Frances e Ribeiro (2005) mencionam que os métodos DRASTIC, Índice de Susceptibilidade (IS), índice AVI, GOD e EPPNA são os mais empregados. Todos esses métodos carecem de uma densidade de informações não disponível para as áreas de interesse. O método GOD é aquele de mais fácil aplicação, pois utiliza parâmetros relacionados à natureza do aquífero, tipo de substrato litológico e profundidade do nível de água. Para cada parâmetro é arbitrado um valor determinado, e o produto desses valores fornece um índice geral de vulnerabilidade que vai desde insignificante até extremo.

Considerando a possibilidade de acesso de material proveniente do fluxo de lama aos pontos de captação de água subterrânea, em uma análise expedita, estabeleceu-se como critérios de vulnerabilidade o tipo de aquífero, se fissural ou poroso à distância da calha do rio. Incluíram-se os aquíferos porosos na classe de alta vulnerabilidade. Os aquíferos livres fissurais, na classe de alta ou média vulnerabilidade, dependendo da presença de material inconsolidado, desde que situados a menos de 200 m da margem do rio Doce em condições de cheia.

Além da vulnerabilidade, há que se levar em conta o risco de comprometimento do aquífero quanto à possibilidade de desencadear danos a populações humanas e outros seres vivos usuários do manancial. Ambas as variáveis são passíveis de regionalização e o serão na sequência dos trabalhos deste projeto.

2.3.4 RESULTADOS

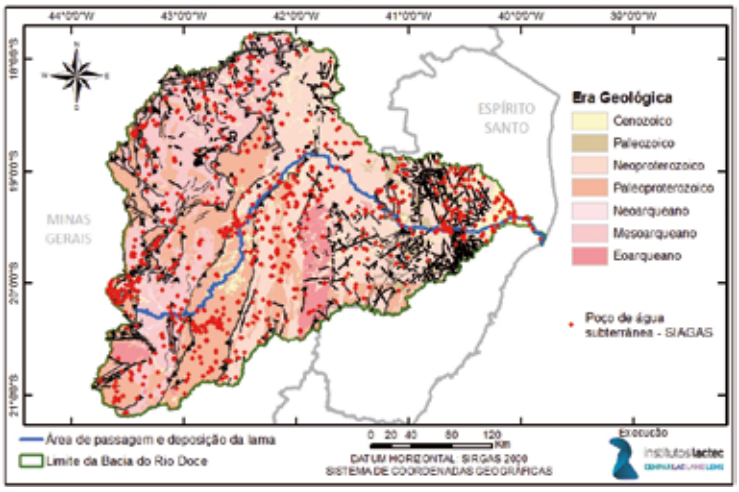
2.3.4.1 Contexto hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio Doce

A água na superfície da Terra deve ser considerada segundo sua disponibilidade e condições de circulação. A disponibilidade natural tem um controle diretamente ligado ao clima, porém as estruturas geológicas condicionam e controlam tanto o fluxo de água superficial quanto da água subterrânea. Seu entendimento é necessário para os estudos hidrogeológicos voltados às análises ambientais e eventuais degradações ou contaminações dos aquíferos.

O comportamento geral da água subterrânea na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD) foi estabelecido sob o regime climático regional, pelas unidades litológicas do substrato rochoso, bem como pelo sistema de feições geoestruturais impostos pelos esforços tectônicos que resultaram em sistemas anisotrópicos de fraturas.

Uma feição fundamental para a presença e circulação da água subterrânea, notadamente em um substrato majoritariamente formado por rochas compactas em que a porosidade é estabelecida por fraturas, é a presença de lineamentos estruturais. O conjunto de lineamentos levantados até o momento é apresentado na Figura 52, onde estão também locados os poços cadastrados no SIAGAS até julho de 2017. Nessa Figura fica evidenciado um grande adensamento de lineamentos na região de Colatina, indicando grande favorabilidade à captação de água subterrânea naquela área. Percebe-se que, ao longo do curso do rio Doce, há adensamentos de poços na região de Ouro Preto, de Santa Cruz do Escalvado, de Ipatinga, de Itueta e de Colatina.

Figura 52 – Lineamentos estruturais na bacia do rio Doce e localização de poços registrados no SIAGAS até julho/2017.



Fonte: Modificado do mapa geológico do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (2004a, 2004b, 2004c, 2004d), escala 1:1.000.000; CPRM (2017); IBGE (2015), de acordo com a estrutura político-administrativa vigente no Brasil, escala 1:250.000.

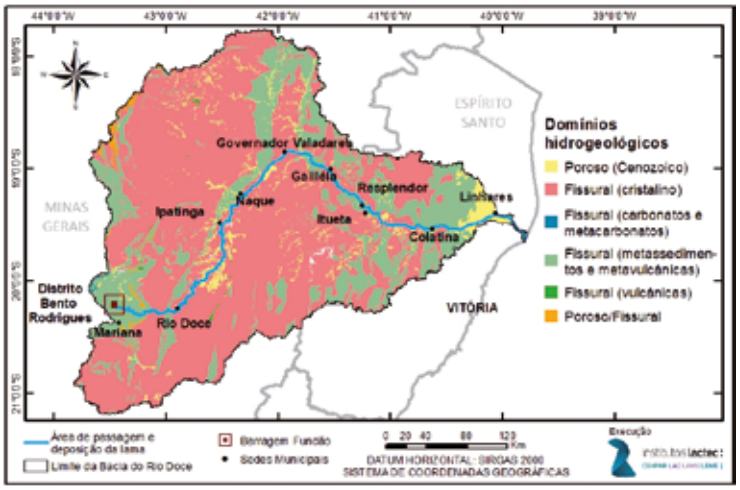
A BHRD está imposta sobre dois grandes domínios hidrogeológicos: o domínio fissural e o domínio poroso, havendo em proporção reduzida a ocorrência de domínio misto, ou poroso-fissural ou cárstico-fissural. O primeiro formado por rochas duras, magmáticas e metamórficas, de comportamento rúptil, nos quais a água subterrânea ocupa espaços estabelecidos por fissuras por onde a água circula. Esse domínio ocorre nas porções superior e média da bacia hidrográfica (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a).

No grande domínio fissural ou fraturado, estão envolvidas rochas do embasamento cristalino, metassedimentares, metavulcânicas e vulcânicas que ocorrem na maior parte da bacia. Por sua vez, o domínio poroso, no qual a água subterrânea está armazenada e circula pelos vazios entre os grãos de rochas sedimentares, ocorre principalmente na Formação Barreiras, situada na porção mais a jusante da bacia, no estado do Espírito Santo. A Figura 53 apresenta uma visão geral da situação dos domínios aquíferos, com base na área de ocorrência de unidades geológicas.

Formando corpos segmentados mais ou menos espessos, nas planícies aluviais que margeiam alguns segmentos do rio Doce e afluentes, ocorrem corpos aquíferos porosos livres ou freáticos, que podem ser acessados por poços rasos. Nas proximidades de centros mais populosos e em ilhas no próprio rio Doce, é comum a captação de água desses aquíferos superficiais pouco espessos, por meio de poços tipo cacimba ou poços tubulares rasos (TORRES et al., 2017).

O domínio cárstico formado por rochas carbonáticas ocorre na Formação Gandarela, parte do domínio fissural-carbonático (Figura 53), principalmente a noroeste da área da barragem de Fundão (Figura 53). Nesses ambientes os vazios das fissuras são magnificados pela dissolução dos carbonatos, podendo inclusive formar cavernas, por onde a água pode ser armazenada e circular com mais facilidade.

Figura 53 – Mapa da distribuição dos domínios hidrogeológicos na bacia hidrográfica do rio Doce.

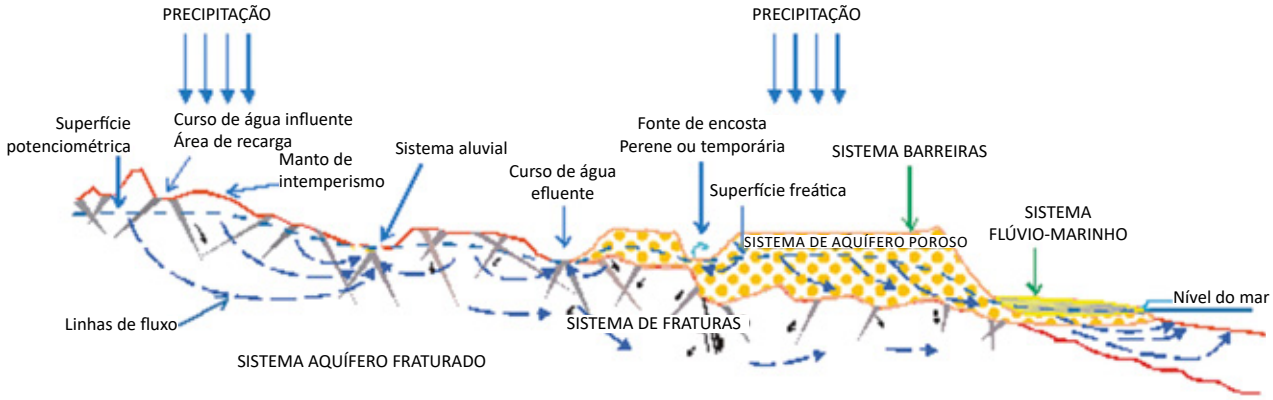


Fonte: Consórcio Ecoplan-Lume (2010a).

O regime hídrico da BHRD confere à maior parte da drenagem principal um comportamento tipicamente efluente, ou seja, os aquíferos alimentam os cursos de água. A água flui pelo substrato em direção aos rios. O comportamento influente, onde a água do canal alimenta o aquífero, ocorre comumente em bacias hidrográficas com cabeceiras em regiões de climas úmidos e porções mais a jusante sob clima seco, restrito às regiões imediatamente a jusante das barragens. Na BHRD, no período seco, a pluviosidade aumenta de montante para jusante, ocorrendo o inverso no período mais chuvoso (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a), porém o caráter efluente do rio predomina.

Um quadro geral do modelo hidrogeológico conceitual da BHRD proposto pelo Consórcio Ecoplan-Lume (2010a) está representado esquematicamente na Figura 54. O perfil regional não corresponde exatamente ao perfil do curso do rio Doce, porém possibilita uma visão simplificada dos caminhos possíveis que a água pode percorrer naquela área.

Figura 54 – Perfil hidrogeológico regional.



Fonte: Consórcio Ecoplan-Lume (2010a), modificado de IGAM (2008).

Pela topografia e morfologia da bacia e do curso do rio Doce e afluentes de sua cabeceira, é dedutível que os efeitos diretos do rompimento da barragem de Fundão na água subterrânea não se restringiram às vertentes extremas de montante, porém também podem ter influenciado os pequenos aquíferos marginais ao longo do curso do rio Doce que eventualmente tenham ficado sotopostos a camadas sedimentares depositadas por ocasião da passagem da onda de lama.

O perfil da bacia do rio Doce acompanhando o percurso do rio, apresentado na Figura 55, indica os diversos segmentos dos aquíferos que compõem o domínio fissural e também o domínio poroso.

No caso dos aquíferos granulares porosos, além do sistema aquífero Barreiras, fica marcada na Figura 55 a posição de corpos de sedimentos aluvionares predominantemente arenosos sobre rochas cristalinas da Província Mantiqueira. Tais corpos foram formados pela deposição de sedimentos clásticos nas planícies de inundação dos rios de maior porte, como é o caso do rio Doce e também do Piracicaba, na porção intermediária do curso do primeiro.

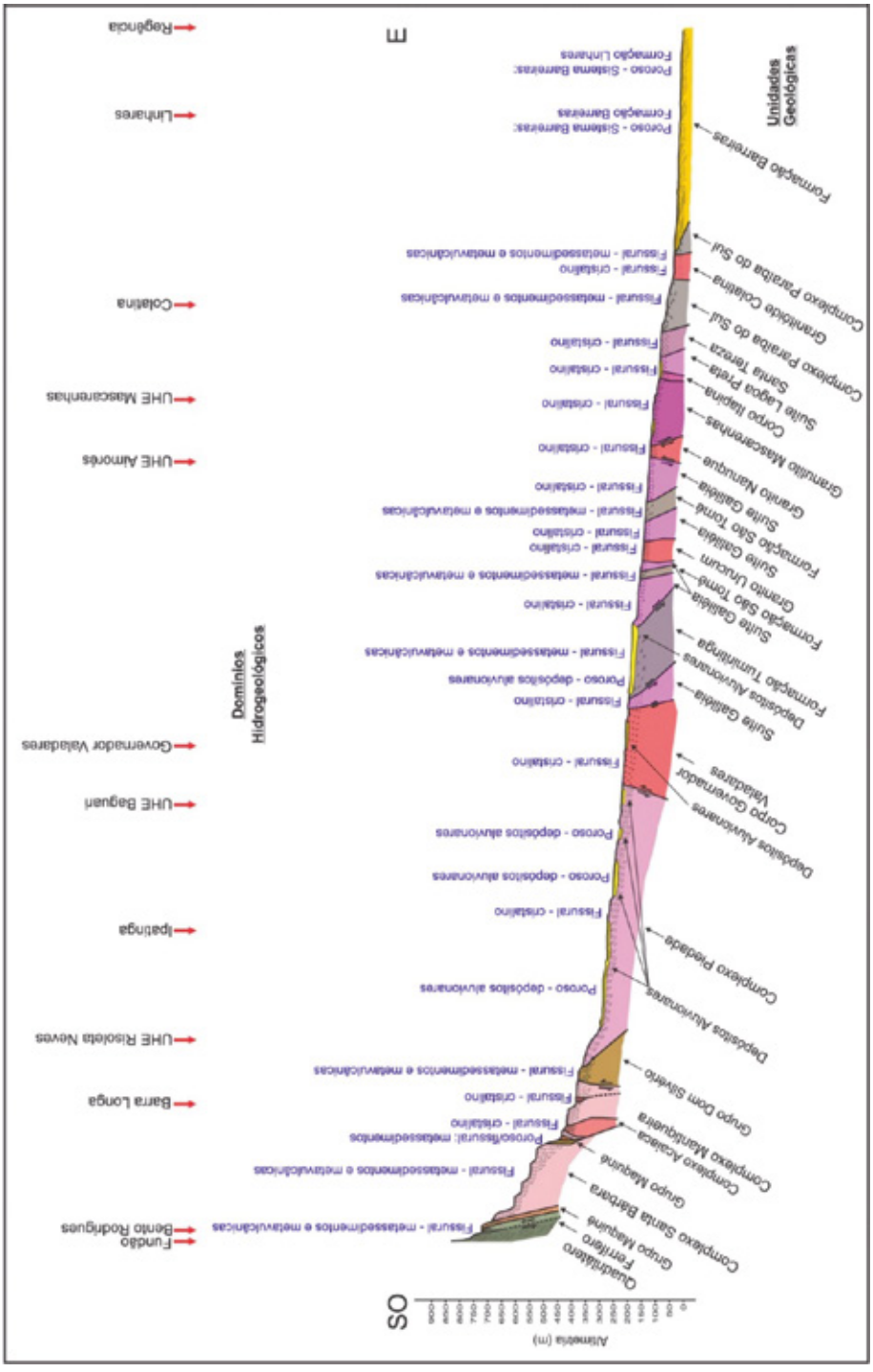
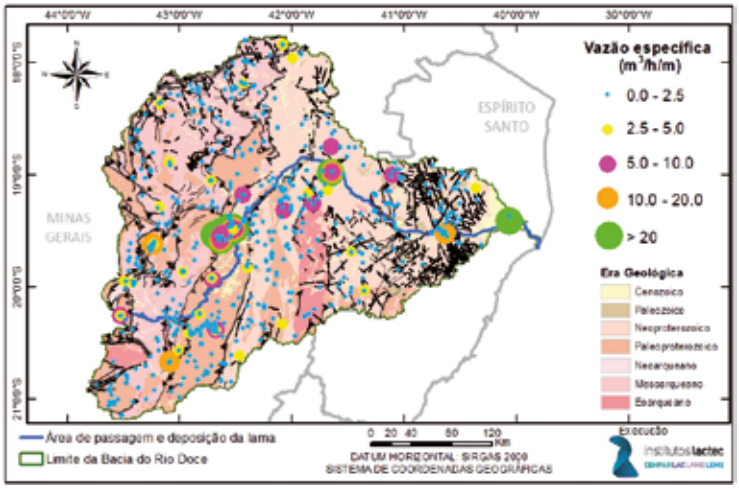


Figura 55 – Perfil geológico esquemático indicando os grandes domínios aquíferos da bacia do rio Doce, ao longo do curso da área de passagem e deposição da lama.

Fonte: Lactec (2018).

A distribuição dos poços na BHRD com cadastro no SIAGAS (CPRM, 2017) é apresentada na Figura 52 e na Figura 56. Observa-se uma distribuição heterogênea de poços, com núcleos de adensamento de oeste para leste nas regiões de: Ouro Preto, Santa Cruz do Escalvado; uma vasta área no centro da bacia, principalmente na bacia do rio Piracicaba; na divisa norte entre Minas Gerais e Espírito Santo; na região entre São Gabriel da Palha e Colatina; e em Linhares. Essa distribuição é controlada pela concentração da demanda, principalmente pelo fato de muitos poços terem seu cadastro implantado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), responsável pelo abastecimento de grande parte dos núcleos urbanos do estado mineiro.

Figura 56 – Poços com cadastro no SIAGAS, situados na BHRD até setembro de 2017, com as respectivas vazões específicas.



Fonte: Modificado do mapa geológico do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (2004a, 2004b, 2004c, 2004d), escala 1:1.000.000; CPRM (2017); IBGE (2015), de acordo com a estrutura político-administrativa vigente no Brasil, escala 1:250.000.

O registro dos poços cadastrados no SIAGAS (CPRM, 2017) como estando dentro da bacia do rio Doce envolve 1.767 unidades, no entanto foi verificado que 135 estavam localizados fora dos limites da bacia. Do total de poços registrados, cerca de 37% não foi aproveitado, principalmente por apresentarem vazões nulas. No que se refere aos poços da COPASA, a regra é poços com profundidade de 150 m, profundidade que propicia o acesso às principais entradas de água no domínio de aquíferos fraturados na bacia do rio Doce.

Na Tabela 13 estão indicadas vazões específicas, que correspondem ao volume extraído por cada metro de rebaixamento do nível de água. Os valores elevados desse parâmetro correspondem a uma maior possibilidade de influência da água dos rios próximos dos poços em aquíferos sob um regime de explotação sem um bom controle. Dos poços dentro da bacia, 1.020 deles têm registros da vazão específica. Independentemente de possíveis inconsistências no preenchimento do cadastro, é possível se observar o panorama geral da disponibilidade de água subterrânea na bacia. Considerando o total dos registros de vazão específica, 86,7% apresentaram valores inferiores a 2,5 $m^2.h^{-1}$. Pouco mais de 7,7% apresentou vazões específicas superiores a 20 $m^2.h^{-1}$. Esses limites foram estabelecidos em função da gama de dados obtidos.

Tabela 13 – Número de poços da BHRD conforme intervalos de vazão específica.

Vazão específica (m^2)			
Total de dados	**Categoria**	**Dados**	**Porcentagem**
1.020	0 - 2,5	884	86,67%
	2,5 - 5,0	31	3,04%
	5,0 - 10,0	17	1,67%
	10,0 - 20,0	9	0,88%
	> 20,0	79	7,75%
			100,00%

Fonte: SIAGAS (CPRM, 2017).

Quanto à vazão de produção, um percentual de 23,4% apresentou valor inferior a 5 $m^3.h^1$, 24,7% produziu vazões entre 5 e 10 $m^3.h^{-1}$, 40,3% produziu entre 10 e 50 $m^3.h^{-1}$ e 11,6% produziu vazões superiores a 50 $m^3.h^{-1}$ (Tabela 14). Esses dados atestam a importância de estudos hidrogeológicos detalhados na região, para otimização da gestão dos recursos hídricos.

Tabela 14 – Número de poços da BHRD conforme intervalos de vazão de produção.

Vazão de produção ($m^3.\ h^{-1}$)			
Total de dados	**Categoria**	**Dados**	**Porcentagem**
1.028	< 5	241	23,44%
	5,0 - 10,0	254	24,71%
	10,0 - 50,0	414	40,27%
	> 50,0	119	11,58%
			100%

Fonte: SIAGAS (CPRM, 2017).

Regiões de grande demanda, onde se encontram as cidades de Coronel Fabriciano, Ipatinga e Timóteo, bem como outros núcleos populacionais, são abastecidas por poços perfurados no aquífero aluvionar estabelecido na planície de inundação de grandes rios, principalmente o Doce e o Piracicaba, no caso. Cabral e Loureiro (2002), fazendo uma modelagem do aquífero Amaro Lanari na citada área, apontam que na ocasião eram explotados 22 poços com uma produção total de 600 $L.s^{-1}$. Naquelas condições foi demonstrado que o principal contribuinte do aquífero é o rio Piracicaba. Apesar do rio apresentar um nível elevado de poluição, a água captada apresentaria boas condições, não necessitando de tratamento convencional de decantação e filtração, evidenciando a alta capacidade de depuração exercida pelo aquífero. A modelagem dos citados autores indicou que, para uma vazão extraída de 600 $L.s^{-1}$, o tempo mínimo necessário para a água do rio chegar a um poço situado a 16 m da margem seria de 3 dias.

Conforme uma das conclusões de Cabral e Loureiro (2002), a quantidade de água que se circula pelo aquífero na condição sem bombeamento é de 27 $L.s^{-1}$, sendo 12 $L.s^{-1}$ (44%) provenientes da infiltração pluviométrica e 15 $L.s^{-1}$ (66%) da carga hidráulica do rio. Ao se bombear 600 $L.s^{-1}$, a quantidade devida à carga hidráulica do rio passa para 588 $L.s^{-1}$ (98%) e, bombeando 1.200 $L.s^{-1}$, ela vai para 1.188 $L.s^{-1}$ (99%).

Essa situação, em termos gerais, se repete em outros segmentos dos aquíferos sedimentares porosos distribuídos ao longo do curso do rio Doce, onde são frequentes poços de produção muito próximo à calha do rio. Nessas condições, se o acesso de material particulado proveniente do rio é barrado pelo aquífero, a carga dissolvida não o é, ressaltando a importância do conhecimento da qualidade da água tanto em termos dos parâmetros delimitadores de suas possibilidades de uso quanto dos constituintes hidroquímicos majoritários e também dos presentes em menor quantidade.

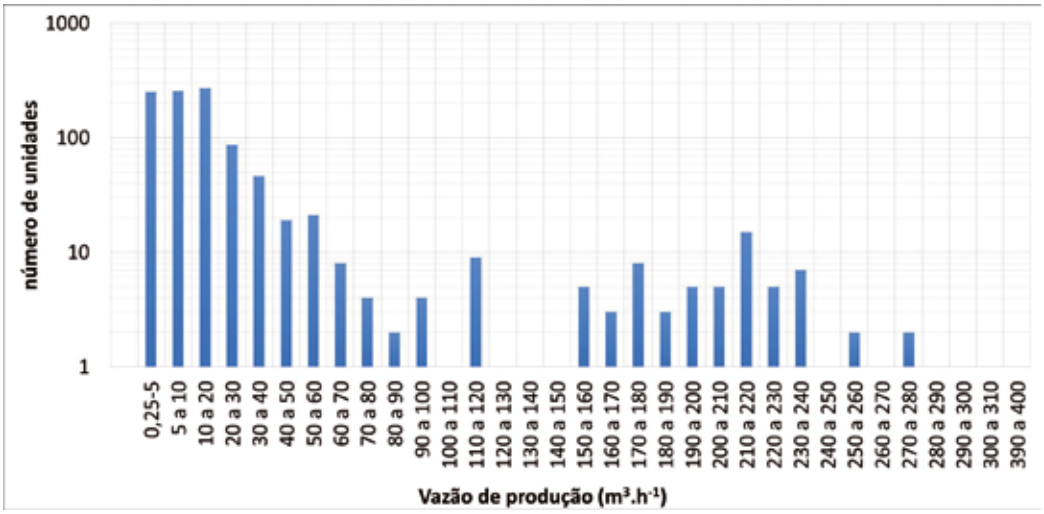
O mapa da Figura 53, mostrando os grandes domínios hidrogeológicos da bacia, dá indicações de suas macrofeições hidráulicas, todavia não é suficiente para que se estabeleça compartimentos com características hidroquímicas homogêneas. A diversidade de características químicas de cada unidade geológica da bacia do rio Doce, praticamente, inviabiliza que se estabeleça um nível de base único para a bacia, mesmo para o vasto compartimento formado pelo domínio fissural. Os elementos e compostos químicos dominantes nas soluções podem ser os mesmos, porém suas proporções variam bastante e não há um acervo de informações hidroquímicas suficiente, nos bancos de dados disponíveis, para se determinar quais seriam as concentrações normais da região. No decorrer deste trabalho, serão obtidos dados hidroquímicos de segmentos do aquífero fissural. Tais dados, conjugados ao mapeamento de características relacionadas a sistemas de fraturas no âmbito da BHRD, contribuirão para que se conheça melhor as particularidades dos segmentos aquíferos estudados.

Um fator limitante apontado para restrições ao potencial emprego de informações dos poços existentes em avaliações mais aprofundadas, a partir de dados constantes do SIAGAS, é justamente a ausência de parâmetros registrados no cadastro. No caso de informações sobre o uso da água, por exemplo, dos 936 poços registrados, apenas 216 possuíam registros até 2017. Segundo informações obtidas para o Consórcio Ecoplan-Lume (2010a) junto à COPASA, 417 captações eram feitas, na ocasião, por meio de poços tubulares, 688 por meio de poços manuais e 275 em nascentes.

O elenco de poços cadastrados na BHRD é relativamente grande, porém a maioria dos registros não apresenta dados químicos de qualquer espécie ou mesmo perfis litológicos, no entanto são importantes fontes de informações da localização das demandas de água.

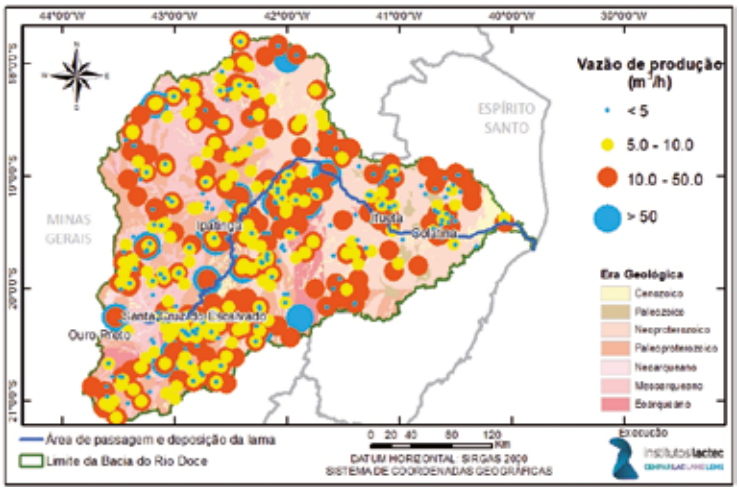
O diagrama da Figura 57 complementa com mais detalhes o registrado na Tabela 14, evidenciando o predomínio de vazões entre 10 e 20 $m^3.h^{-1}$, mas também a ocorrência de algumas classes de vazão superiores a 150 $m^3.h^{-1}$. Quanto a essas últimas, há dúvidas sobre sua real condição, o que deverá ser verificado posteriormente.

Figura 57 – Intervalos de vazão registrados no SIAGAS para poços perfurados na BHRD.



Na Figura 58, estão representadas as vazões de produção constantes do banco de dados do SIAGAS. Os registros nesse banco de dados indicam um número elevado de poços não produtivos, ressaltando a importância de estudos prévios aprofundados e detalhados para a locação de poços na BHRD. Essa dificuldade está relacionada às características intrínsecas dos aquíferos, pertencentes maciçamente ao domínio fraturado. Os poços que acessam reservatórios instalados nos restritos corpos sedimentares porosos aluvionares, localmente, podem ser importantes, porém são exceções à regra geral. Os poços rasos, do tipo cacimba ou mesmo tubulares, têm importância para microconsumidores, porém raramente constam em bancos de dados.

Figura 58 – Mapa da vazão de produção de poços da BHRD registrados no SIAGAS/CPRM.



Fonte: Modificado do mapa geológico do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (2004a, 2004b, 2004c, 2004d), escala 1:1.000.000; CPRM (2017); IBGE (2015), de acordo com a estrutura político-administrativa vigente no Brasil, escala 1:250.000.

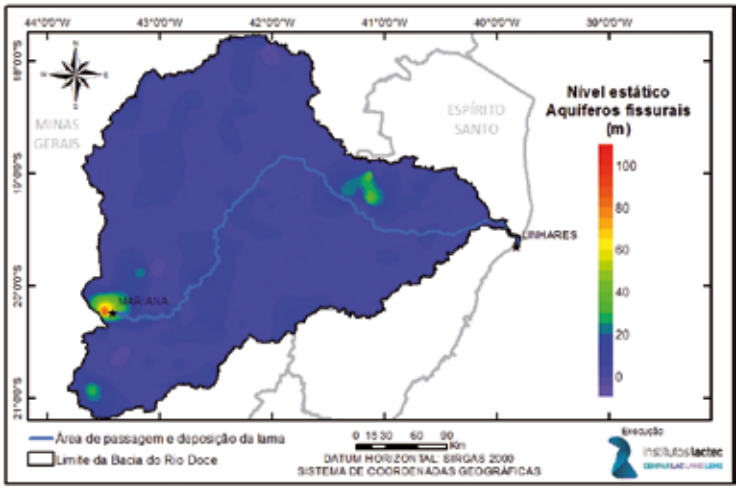
As vazões de estabilização, ou de produção, apresentadas sumariamente na Tabela 15, correspondem a 1.028 anotações, com uma média de 27,84 $m^3.h^{-1}$, máxima de 396 $m^3.h^{-1}$ e mínima de 0,25 $m^3.h^{-1}$. Trata-se de uma amplitude muito grande entre as máximas e mínimas, porém há que se considerar o conjunto de poços tubulares profundos e poços cacimba, estes em menor número.

Tabela 15 – Parâmetros hidrogeológicos médios e extremos calculados com base em informações contidas no SIAGAS, acessado em outubro de 2017 para poços perfurados na BHRD.

	Profundidade (m)	Vazão de estabilização ($m^3.h^{-1}$)	Vazão específica ($m^3.h^{-1}.m^{-1}$)	Condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$)	Temperatura (°C)	Sólidos suspensos ($mg.L^{-1}$)	Turbidez (JTU)
Nº de anotações	1.466	1.028	1.020	604	151	35	467
Média	95,97	27,84	14,55	186,9	23,4	24,69	4,80
Máximo	1.000	396	3.000	3.439	34,1	330	240
Mínimo	1	0,25	0,005	0,4	13,6	0,02	0,1

Elaborou-se um mapa para visualizar a distribuição dos níveis estáticos da água subterrânea da BHRD, como consta da Figura 59, porém o resultado de uma plotagem simples não apresentou resultados claros. Os dados dos poços foram obtidos em épocas e estações diferentes, o que certamente influiu no produto. O mapa foi elaborado utilizando os dados do SIAGAS, referidos como sendo de poços que tinham no aquífero fissural a origem da água extraída. A seleção de nove classes de vazão salientou dois núcleos mais significativos de profundidade do nível estático, ou seja, onde os poços captam água a uma maior profundidade. Um deles é na região de Mariana e outro, menos claro, na região de Alto Rio Novo e Cuparaque. Outros locais indicando profundidades superiores a 7 m podem ser observados no referido mapa, porém a distribuição desigual dos poços prejudica a precisão do mapa.

Figura 59 – Mapa da profundidade do nível estático dos poços relacionados no SIAGAS.



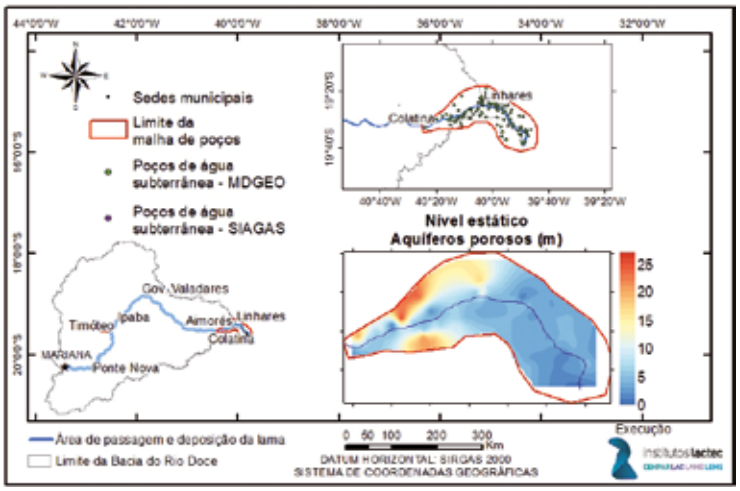
Fonte: Modificado do mapa geológico do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (20041a, 2004b, 2004c, 2004d), escala 1:1.000.000; CPRM (2017); IBGE (2015), de acordo com a estrutura político-administrativa vigente no Brasil, escala 1:250.000.

A Figura 60 foi construída com os dados obtidos na região de Linhares, é um mapa indicativo do nível potenciométrico do aquífero livre dos poços do domínio poroso do Grupo Barreiras, intimamente ligado aos sedimentos da Formação Linhares (MDGEO, 2016).

Na região de Ipatinga, as profundidades do nível hidrostático são baixas, inferiores a 12 m, o que se justifica pela pequena dimensão e volume desses aquíferos. Esses aquíferos, como já foi mencionado anteriormente, são geologicamente recentes, tendo sido formados pela deposição de material particulado principalmente na fração areia veiculada pelo rio Doce, mas também pelo rio Piracicaba. A

facilidade de acesso à água desses aquíferos, sua situação perto de centros de consumo e do curso dos rios Doce e Piracicaba os tornam muito vulneráveis.

Figura 60 – Ilustração dos níveis estáticos de dois conjuntos de poços perfurados em aquíferos porosos na BHRD, sendo um na região de Ipatinga e outro na região de Linhares.



Fonte: Modificada do mapa CPRM (2017) e MDGEO (2016).

O aquífero poroso da BHRD, estabelecido nas rochas sedimentares Quaternárias do Grupo Barreiras e Formação Linhares (CPRM, 2004c), é um manancial importante para a região onde ele ocorre no Espírito Santo. Apesar de se comportar na maioria dos casos como um aquífero livre, possui níveis argilosos que podem confiná-lo em determinados locais. O pacote sedimentar do Grupo Barreiras está intimamente associado aos sedimentos que compõem cordões litorâneos da Formação Linhares, podendo ser, em uma primeira análise, considerado como formando um único conjunto aquífero. O nível estático desse aquífero pode atingir mais de 25 metros na área do Grupo Barreiras, enquanto na Formação Linhares a água é alcançada a menos de 10 metros de profundidade.

Um aspecto que dificulta a correta interpretação de dados registrados no SIAGAS em muitos poços, é a identificação do aquífero efetivo que supre a água coletada. Muitas vezes, o poço está localizado em área de uma unidade aquífera com porosidade primária, porém o poço atravessa esse corpo sedimentar e acessa o aquífero fissural subjacente.

2.3.4.2 Características hidroquímicas da água subterrânea na bacia hidrográfica do rio Doce

A diversidade litogeoquímica da BHRD é grande, o que contribui para que sejam também bastante diversos os padrões hidroquímicos da água que flui pelos poços da bacia. Não é objetivo precípuo deste trabalho um inventário hidrogeoquímico abrangente, mas identificar contribuições de fluxos subterrâneos diretos à calha por onde fluiu a lama originada na barragem de Fundão. A presente abordagem foca sobretudo naquilo que se refere à água subterrânea, se bem que não há como e nem porque dissociar e ignorar a circulação hídrica como um todo. Afora o escorrimento superficial em períodos de chuvas intensas, a água que é vertida pela drenagem superficial tem origem nos fluxos subterrâneos que alcançam a superfície.

Tabela 16 – Número de poços da BHRD, conforme intervalos de condutividade elétrica.

Condutividade (µS.cm^{-1})			
Total de dados	**Categoria**	**Dados**	**Porcentagem**
604	0 - 100	221	36,59%
	100 - 200	237	39,24%
	200 - 400	91	15,07%
	400 - 1000	42	6,95%
	1000 - 3439	13	2,15%
			100%

Fonte: CPRM (2017).

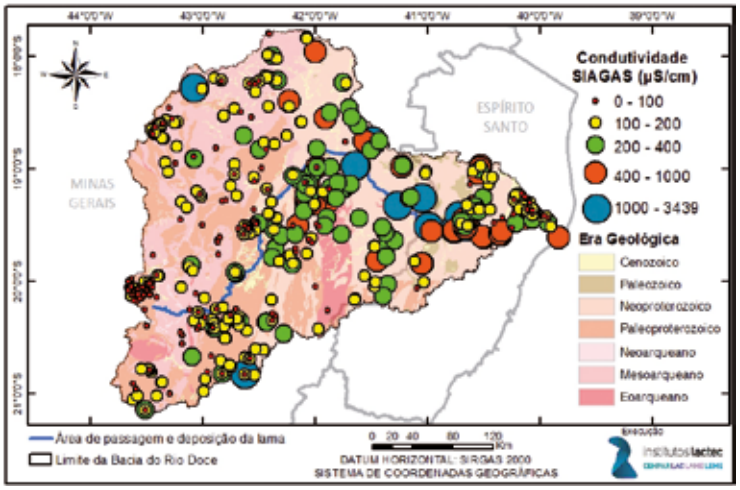
Com as informações sobre variáveis químicas e físico-químicas constantes do SIAGAS para toda a BHRD, foi possível elaborar um mapa de valores obtidos para a condutividade elétrica e outro para ferro total. Outras variáveis tiveram muito poucos registros e não levariam a mapas conclusivos sobre seu comportamento no total da bacia.

A condutividade é uma variável química que, de certo modo, tem um caráter integrador, representando o conjunto do material iônico contido na água. Apesar de ser influenciada também, em pequena intensidade, pela carga de material coloidal, seu controle maior é pelos sólidos dissolvidos. Assim sendo, a distribuição dos valores anotados de condutividade nos poços do SIAGAS, ilustrada na Figura 61, possibilita que se tenha ideia de onde se encontram as águas mais ricas em termos de carga dissolvida da BHRD. Considere-se que essa carga normalmente é devida à liberação das rochas dos aquíferos, porém também pode proceder de contaminações de origem antrópica.

Alguns aspectos interessantes podem ser destacados dos resultados da análise da condutividade elétrica (Tabela 16). Um deles é a maior concentração de poços com valores entre 400 µS.cm^{-1} e 1.000 µS.cm^{-1} na parte leste da bacia e, o que é importante, afastados do curso do rio Doce. A exceção a essa observação é os poços em Colatina. Tomando-se a faixa de condutividade superior a 1.000 µS.cm^{-1}, encontram-se registros próximos ao curso do rio Doce na região de Itueta e Tumiritinga. Por outro lado, valores superiores a 1.000 µS.cm^{-1} também foram registrados em um ponto no sul e um no nordeste da BHRD.

Os poços entre 100 µS.cm^{-1} e 200 µS.cm^{-1} e de condutividade mais baixa se concentram na metade oeste da BHRD. Esse fato sugere que há uma menor contribuição das rochas com matéria dissolvida para as águas, o que pode refletir duas situações que podem coexistir. Uma possibilidade é um menor contato da água com as rochas, dificultando reações à saturação da água com respeito a minerais ou outros compostos de intemperismo. Outro fator é a presença de rochas contendo minerais menos solúveis. O arcabouço mineral do aquífero Cauê (MOURÃO, 2007), que compõe corpos de minério de ferro explorados em Mariana, presente nas cabeceiras da BHRD, composto basicamente por quartzo e hematita, é um exemplo dessa última situação.

Figura 61 – Distribuição da condutividade da água de poços operantes na bacia do rio Doce, cadastrados no SIAGAS.



Fonte: Modificado do mapa geológico do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (20041a, 2004b, 2004c, 2004d), escala 1:1.000.000; CPRM (2017); IBGE (2015), de acordo com a estrutura político-administrativa vigente no Brasil, escala 1:250.000.

As análises em poços da BHRD às quais se teve acesso, realizadas pela COPASA para o controle da água e disponibilizada aos usuários de núcleos urbanos do vale do rio Doce, evidenciam a presença de concentrações de ferro e manganês superiores aos valores máximos permissíveis para distribuição, ou seja, poços com alta concentração de ferro e também de manganês já apresentavam essas características anteriormente à passagem da onda de lama com rejeitos.

A Tabela 17 mostra a distribuição do ferro total, conforme dados do SIAGAS, em intervalos de concentração, conforme ilustrado no mapa da Figura 62.

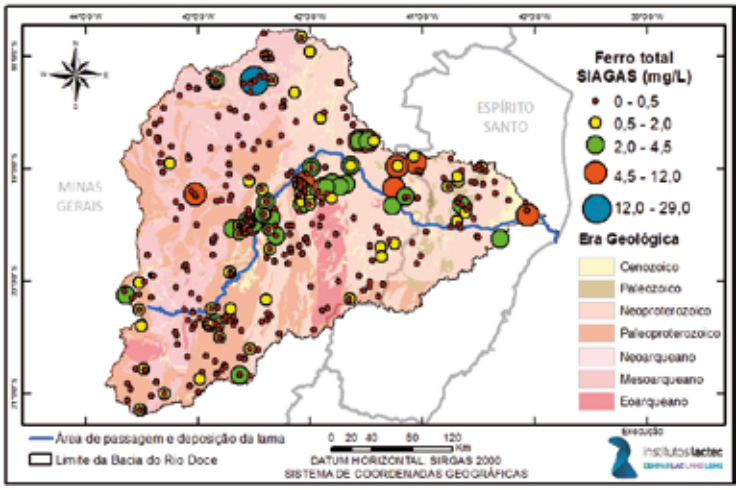
Tabela 17 – Número de poços da BHRD, conforme intervalos de concentrações de ferro total. Fonte: SIAGAS acessado em 10/2017.

Ferro Total (mg.L^{-1})			
Total de dados	**Categoria**	**Dados**	**Porcentagem**
382	0,0 - 0,5	263	68,85%
	0,5 - 2,0	79	20,68%
	2,0 - 4,5	29	7,59%
	4,5 - 12,0	10	2,62%
	12,0 - 29,0	1	0,26%
			100,00%

Fonte: CPRM (2017).

Para toda a bacia do rio Doce, nos registros do SIAGAS, foram encontrados dados de ferro na água subterrânea em 382 poços. Destes, pouco menos de 90% apresentaram concentrações inferiores a 2,0 mg.L^{-1} e cerca de 69%, valores inferiores a 0,5 mg.L^{-1}. Cabe lembrar que o limite legal para o ferro é de 0,3 mg.L^{-1} pela Resolução CONAMA nº 396/2008, a despeito da restrição desse elemento na água em concentrações nessa ordem de grandeza dizer respeito basicamente a seus efeitos organolépticos e não relativos à toxicidade.

Figura 62 – Distribuição dos valores de ferro total da água de poços operantes na bacia do rio Doce, cadastrados no SIAGAS.



Fonte: Modificado do mapa geológico do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – rio Doce da CPRM (20041a, 2004b, 2004c, 2004d), escala 1:1.000.000; CPRM (2017); IBGE (2015), de acordo com a estrutura político-administrativa vigente no Brasil, escala 1:250.000.

A presença de ferro e manganês em aquíferos tem mais a ver com o potencial de oxidação e pH do ambiente do que com aportes episódicos de origem fluvial. Essa dependência do ferro e manganês é conhecida desde muito tempo, conforme inúmeros autores, entre os quais destacam-se Garrels e Christ (1965), e Hem (1963, 1970). O ferro é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre e, como tal, ubíquo nas rochas e solos. Basta que uma água em condições físico-químicas adequadas entre em contato com materiais naturais ou não contendo ferro, para que ele entre em solução com facilidade. Com o manganês acontece algo semelhante.

Em água subterrânea, o ferro total é majoritariamente composto por ferro dissolvido, pois a fração particulada, não dissolvida, é normalmente menos expressiva. A pequena participação de material sólido no ferro total é devida à menor capacidade de material sólido ser transportado em um meio onde a velocidade do fluxo é muito baixa, levando a que as partículas sólidas sejam retidas pelo arcabouço do aquífero nos primeiros metros de infiltração.

O ferro detectado em análises de água em alguns casos pode provir do próprio equipamento do poço e não refletir características das rochas do aquífero.

Em termos de distribuição das ocorrências de ferro em água de poços, elas se concentram em maior número na região de Ipatinga e ao sul de Governador Valadares. Há três ocorrências de valores superiores a 4,5 $mg.L^{-1}$, próximo ao curso do rio Eme, afluente da margem esquerda do rio Doce, na região entre Resplendor e Cuparaque. Na porção norte da BHRD, na região de Suaçuí Grande, há registro de alta concentração de ferro superior a 12 $mg.L^{-1}$, lembrando que o limite legal para o ferro é de 0,3 $mg.L^{-1}$ pela Resolução CONAMA nº 398/2008.

Entre todos os poços registrados no SIAGAS, foram selecionados como potenciais pontos de água a serem avaliados mais detalhadamente aqueles situados em uma faixa de 1.500 metros da calha por onde fluiu a lama gerada pelo rompimento da barragem de Fundão. Nessa seleção, foram identificados apenas 15 poços tubulares em Minas Gerais e dois poços tubulares no Espírito Santo (Tabela 18) dotados de perfis geológicos e com variáveis hidroquímicas registradas (Tabela 19). Mesmo nesses poços, o número de variáveis também é exíguo, sendo que apenas dois poços, sob código 3100002612 em Colatina/ES e 3100018780 em Santa Cruz do Escalvado/MG, possibilitam um balanço iônico que permite verificar a qualidade das análises. Esses dados não justificam uma análise estatística, e estão apresentados apenas como indicativos.

Tabela 18 – Poços com disponibilidade de perfil litológico e variáveis de qualidade de água, cadastrados no SIAGAS, localizados em uma faixa de 1.500 m ao longo da calha do rio Doce.

Código	UTM E	UTM N	Estado	Município	Localidade
3100002612	326000	7839801	ES	Colatina	Bairro Honório Fraga (3)
3100008099	388288	7852607	ES	Linhares	BR 101 - Estação experimental Filogônio Peixoto II (6)
3100005343	800963	7885579	MG	Fernandes Tourinho	Senhora da Penha (2)
3100007072	758815	7836442	MG	Timóteo	Macuco (2)
3100007073	758814	7836380	MG	Timóteo	Macuco (2)
3100018696	696432	7758936	MG	Barra Longa	Gesteira (2)
3100018780	721704	7759392	MG	Santa Cruz do Escalvado	Área dos quintais - ZR - São Sebastião do Soberbo (3)
3100018781	721348	7759128	MG	Santa Cruz do Escalvado	Novo Soberbo poço Eta (3)
3100021463	771705	7852083	MG	Ipaba	Sede (2)
3100022248	771847	7851511	MG	Ipaba	Sede (2)
3100022249	771368	7852687	MG	Ipaba	Sede (2)
3100022250	772118	7852061	MG	Ipaba	Sede (2)
3100022406	261886	7861153	MG	Resplendor	Sede (2)
3100022479	185826	7899971	MG	Tumiritinga	Sede (2)
3100022480	222402	7899731	MG	Tumiritinga	Sede (2)

Observação: (2) COPASA; (3) Prefeitura municipal; (6) Est. Experimental Filogônio Peixoto.

Para suplementar os consumidores de água afetados pelo desabastecimento causado pela deterioração da qualidade da água do sistema fluvial, afetado pelo desastre de Fundão, vários poços tubulares profundos foram perfurados, em caráter emergencial. Desses poços, aqueles que forem mantidos poderão ser agregados aos poços selecionados junto ao SIAGAS, cujos dados serão levantados durante o decorrer deste trabalho.

Tabela 19 – Variáveis de qualidade de água de poços registrados no SIAGAS, situados em faixa de 1.500 m do canal de drenagem do Rio Doce e afluentes.

Código	Data da coleta	Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	pH	Turbidez (NTU)	Alcalinidade ($mg.L^{-1}$)	Dureza Total $CaCO_3$ ($mg.L^{-1}$)	$Ferro_{Tot}$ ($mg.L^{-1}$)	Manganês ($mg.L^{-1}$)
3100002612	30/10/1978	-	-	-	1,5	106,62	-	-
3100008099	23/01/2011	165	6,93	95	69	114	4,9	0,01
3100005343	27/07/1996	291	8,04	-	109	105	-	-
3100007072	10/10/1995	178,89	7,56	0,88	89,3	79,24	0,07	-
3100007073	25/08/2004	147	7,2	1	85,7	84,7	0,37	-
3100018696	09/03/2002	100	8,2	0,53	-	60	0,08	0,04
3100018780	28/11/2004	84,6	6,4	1	41,33	36,54	0,12	-
3100018781	19/04/2006	175	7,4	3	94,5	72,97	1,06	-
3100021463	25/04/2001	145	7,5	-	87	76	-	-
3100022248	02/02/2015	-	7,3	-	-	38	4,2	-
3100022249	04/03/2015	138	7,8	-	-	42	2,9	-
3100022250	10/03/2015	170	7,1	-	-	42	2,9	-
3100022406	18/07/2013	2237	7,6	-	-	338	2,8	2,5
3100022479	25/07/2013	1075	8,08	-	307,77		1,44	1,57
3100022480	23/07/2013	1070	7,6	-	-	27,3	3,3	1,1
Máximo		***2.237***	***8,08***	***95***	***307,77***	***338***	***4,9***	***2,5***
Mínimo		***84,6***	***6,4***	***0,53***	***1,5***	***36,54***	***0,07***	***0,01***

Para que se possa ter uma boa indicação do nível de base das variáveis hidroquímicas, há que se ter muito mais informações do que as atualmente disponíveis, sejam elas relativas a variáveis com limites de admissibilidade normatizados ou não. Se o conhecimento do valor de variáveis com limites normativos estabelecidos é importante, o conhecimento das concentrações das variáveis correspondentes aos constituintes majoritários em solução também é, pois são eles que, estando presentes em quase todos os tipos de água, permitem que a água seja classificada pelo seu caráter hidroquímico. Assim sendo, não é possível o estabelecimento de uma linha-base a partir dos dados existentes. Essa carência será em parte coberta com dados primários obtidos no decorrer do projeto. Análises químicas mais completas em pontos de água seguramente não influenciados pelo desastre de Fundão e da convergência com a água superficial tornará possível uma estimativa *a posteriori* de características tidas como de uma linha-base local.

Se observadas as Tabela 18 e Tabela 19, os metais de transição, entre os quais vários com potencial deletério à saúde humana, não se apresentaram em concentrações elevadas. O ferro consta de várias análises e o manganês de algumas, provavelmente por serem encontrados com frequência em proporções elevadas na água que supre determinados sistemas de abastecimento.

O conhecimento de informações sobre a composição da água de poços em condições comparáveis, com base na literatura e o relato de operadores de sistemas de abastecimento da região visitada, faz ver que o ferro, por exemplo, ocorre em concentrações maiores do que 4,9 mg L^{-1}, o máximo anotado na Tabela 19. Algo semelhante acontece também com o manganês. Visto isso, não faz sentido se calcular médias dos valores apresentados para essas variáveis.

No caso do pH, que é parâmetro muito importante para qualquer sistema de coleta e distribuição, assim como o cloreto, os dados disponíveis são mais abundantes. O pH apresentado se situa em uma faixa que pode ser considerada como normal, entre 6,4 e 8,08. O cloreto, medido na maioria dos casos considerados na Tabela 19, já levanta suspeitas de uma anormalidade na amostra 3100022479 (Tumiritinga-COPASA Sede), com concentração de 85,89 mg L^{-1}. Não se conFigura uma desconformidade com respeito à Resolução CONAMA nº 396/2008, porém é um valor anômalo frente às concentrações apresentadas para os outros poços.

O sulfato é um parâmetro que apresentou variação entre 0,5 e 112 mg L^{-1}, com Valor Máximo Permitido (VMP) de 250 mg L^{-1}, pelo CONAMA nº 396/2008, podendo variar mais do que isso em condições naturais.

Tabela 20 – Macroconstituintes iônicos encontrados na água de poços cadastrados no SIAGAS.

Código	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Fluoreto (mg/L)
3100002612	3,75	14,2	33,29	3,3	16,6	0,2	1,3	-	-
3100008099	-	-	-	-	10,8	-	3,34	-	-
3100005343	4,3	4,9	-	-	6,9	52,6	-	0,31	-
3100007072	8,11	8,26	-	-	1,04	2	-	-	-
3100007073	-	-	-	-	2,1	-	-	-	-
3100018696	-	-	-	-	3,5	8,85	-	-	0,22
3100018780	9,75	2,96	4,42	2,69	0,5	5	-	-	-
3100018781	18,95	6,23	9,85	3,3	1,5	-	-	-	-
3100021463	-	-	-	-	3	-	0,58	-	0,66
3100022248	-	-	-	-	7,1	18,4	-	-	0,14
3100022249		-	-	-	6,3	9,9			0,47
3100022250	-	-	-	-	6,3	9,9	-		0,47
3100022406	-	-	-	-	332	540	-	-	0,18
3100022479	-	-	-	-	85,59	111,89	0,4	-	-
3100022480	-	-	-	-	76,4	22,8	-	-	-
Máximo	***44,3***	***14,2***	***33,29***	***2,69***	***85,59***	***111,89***	***3,34***		***0,66***
Mínimo	***9,75***	***2,96***	***4,42***	***3,3***	***0,5***	***0,2***	***0,4***		***0,14***

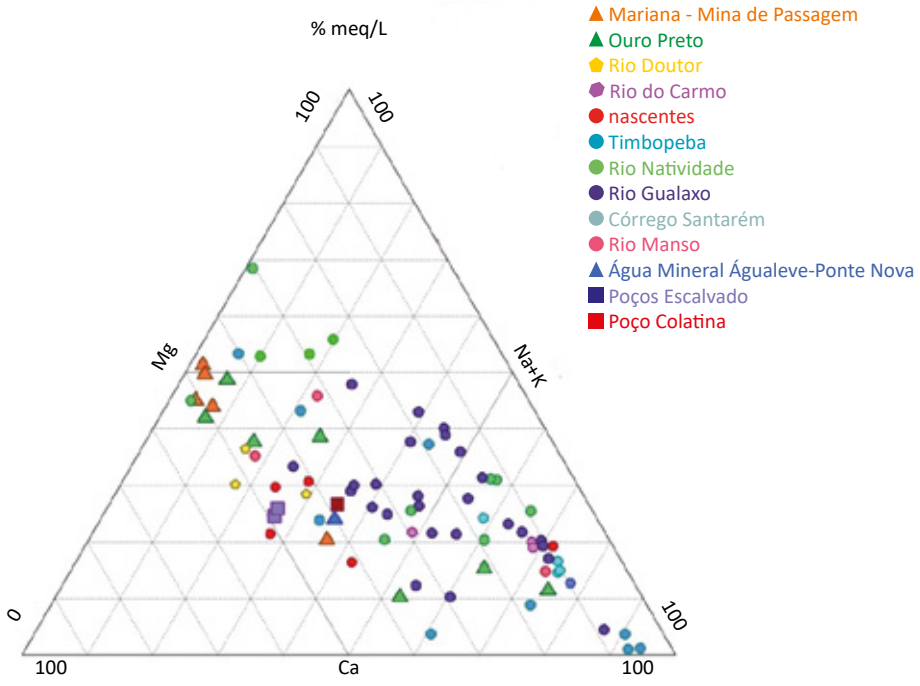
Ademais dos dados químicos disponibilizados pelo SIAGAS e também diretamente da COPASA, são relevantes os trabalhos desenvolvidos pelo MDGEO (2016) na região de Linhares/ES, um realizado para o Greenpeace (TORRES et al., 2017) em Belo Oriente, Governador Valadares e Colatina, para avaliar o impacto do fluxo de lama na agricultura familiar. Em MDGEO (2016), os autores comentam a impossibilidade de determinados pontos de água terem sido contaminados, em face das direções de fluxo subterrâneo determinadas no trabalho.

Ambos os trabalhos não chegam a conclusões definitivas acerca do impacto da corrida de lama originária na barragem rompida de Fundão sobre mananciais de água subterrânea, ao longo do curso do rio Doce. Por outro lado, enriquecem o necessário conhecimento sobre características dos aquíferos potencialmente afetados.

Algumas informações com respeito à presença de metais pesados em pontos de água, superficiais e subterrâneas, podem ser obtidas em trabalhos realizados em locais específicos da BHRD. Entre estes, destacam-se os estudos acadêmicos desenvolvidos em sítios minerados, como a mina da Passagem em Mariana e em Ouro Preto, onde atenção especial foi dada ao arsênio (BORBA; FIGUEIREDO; CAVALCANTI, 2004; BORBA; FIGUEIREDO, 2004). Costa (2001) desenvolveu estudos na bacia do rio Gualaxo do Norte, fortemente impactado por atividades minerárias. Recentemente Torres et al. (2017) realizaram análises de metais em conjuntos de pontos de água de três locais ao longo do rio Doce em Belo Oriente, Governador Valadares e Colatina.

A variedade do caráter geoquímico da água na BHRD pode ser observada na Figura 63, onde é feita uma caracterização quanto aos cátions majoritários Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} e K^{+}. Esse tipo de diagrama é muito adequado a correlações da composição da água com a litologia drenada. O fato de o diagrama utilizar dados percentuais elimina a influência do fator diluição. O diagrama foi elaborado principalmente com dados de água superficial devido à disponibilidade desses dados. Fica evidenciado que, ao menos nas áreas consideradas, a água da região é predominantemente mista ou sódica, ou seja: está situada nos triângulos central e inferior direito do diagrama. A dispersão maior de dados obtidos, em ocasiões diferentes em um mesmo ponto, normalmente é muito maior em água superficial do que em água subterrânea devido à maior mistura e variação composicional da primeira.

Figura 63 – Representação em diagrama trilinear, de dados secundários, das relações entre os cátions majoritários em amostras de água superficial e subterrânea na bacia do rio Gualaxo do Norte, em dois poços profundos e em uma água mineral da BRHD.



Fonte: Costa (2001), Borba, Figueiredo e Cavalcanti (2004) e CPRM (2017).

A Figura 63, a despeito de utilizar apenas elementos majoritários dissolvidos na água superficial e subterrânea, também aponta para a impossibilidade de se estabelecer uma linha-base abrangente para outros elementos químicos, contando com número restrito de análises. As características da circulação e mobilidade da água subterrânea levam a que a composição química de um determinado poço seja, via de regra, mais constante do que a de um ponto de água superficial. As possibilidades de variação são mais restritas, porém a relativa lentidão do fluxo subterrâneo pode propiciar que a água extraída de um poço apresente características de água infiltrada há algum tempo.

A distribuição e a concentração de elementos químicos majoritários e minoritários anotadas por Costa (2001), no sistema hídrico do rio Gualaxo do Norte, têm origem tanto em processos naturais quanto desencadeados por ação humana. A litologia e o tipo de alteração intempérica, que regulam a partição dos elementos entre o solo e o material particulado e a água, são fatores tipicamente naturais. Por outro lado, a influência da ação humana é desencadeada na mineração ou uso do solo em geral, seja pelo emprego de insumos químicos, alterações que instabilizam quimicamente ambientes naturais, ou por poluições de diversas origens. Costa (2001) identificou um caráter sódio bicarbonatado à água do rio Gualaxo do Norte, atribuindo as altas concentrações de sódio e bicarbonato ao processo de tratamento do minério de ferro. As elevadas concentrações de ferro e manganês são atribuídas às fontes litogênicas associadas às atividades garimpeiras e ao enriquecimento desses elementos no ambiente secundário, que também é explorado pelo garimpo.

O garimpo de Antônio Pereira, situado nas cabeceiras do rio Gualaxo, seria a principal fonte, ativada por ação humana, de concentrações dos elementos tóxicos, tais como arsênio, manganês, antimônio, bário e mercúrio, em sedimentos. Saliente-se que esses sedimentos, por alterações físico-químicas no ambiente em que eles vieram a se depositar, podem ser parcialmente liberados para a solução. Anomalias nas concentrações de cobre, chumbo e zinco identificadas em Bento Rodrigues são atribuídas aos depósitos auríferos arqueanos. Outro fato constatado por Costa (2001) foi a correlação positiva nos sedimentos, de arsênio, bário, antimônio, mercúrio, níquel, chumbo, cobre e zinco, com o manganês. Essa associação pode estar relacionada a uma rocha-fonte comum ou, o que não é raro, à forte capacidade de captura, por sorção desses elementos, a minerais oxidados de manganês.

Foi constatado que um dos principais contaminantes minerais de água subterrânea no QF é o arsênio, que está presente em depósitos auríferos sulfetados. Borba, Figueiredo e Cavalcanti (2004) encontraram em águas de algumas minas auríferas subterrâneas e nascentes das regiões de Ouro Preto e Mariana concentrações de arsênio total variando de 2 a 2980 µg/L e de arsênio trivalente de 1 até 86 µg/L. Os referidos autores observaram que as maiores concentrações de arsênio são encontradas nos aquíferos hospedados em rochas que possuem sulfetos e carbonatos, embora as concentrações nos aquíferos que possuem somente sulfetos também foram elevadas, sendo errático seu modo de ocorrência. Em Ouro Preto, amostras de água coletadas em minas distantes de apenas 200 metros apresentaram águas com arsênio total de 24 µg.L-1 e de 260 µg.L-1. Na mina de Passagem de Mariana, foi anotada variação no referido elemento de 4 µg.L-1 a 2980 µg.L-1.

Borba e Figueiredo (2004) atribuem a origem do arsênio presente em água subterrânea na região ao processo de oxidação natural da arsenopirita e da pirita presentes nas rochas auríferas sulfetadas. Tais minerais por oxidação formam a escorodita, um óxido hidratado de ferro e arsênio, um arsenato

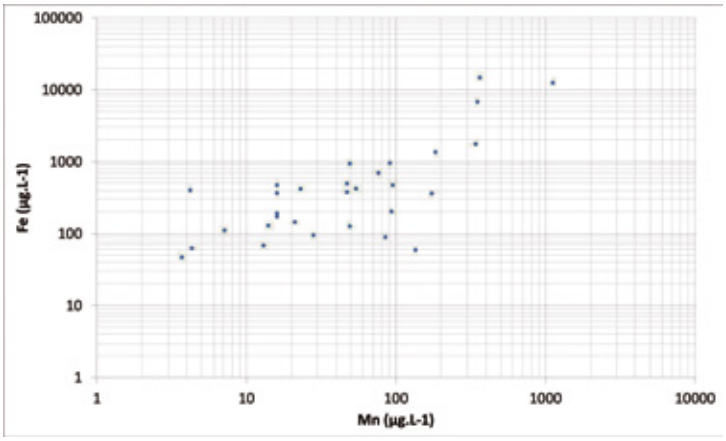
de ferro pobremente cristalizado, e fornecem parte do arsênio em solução para a água subterrânea. Esses minerais secundários contendo arsênio podem, por elevação do pH do meio, liberar o arsênio de sua estrutura para a água.

Torres et al. (2017), sob os auspícios da organização Greenpeace, efetuaram um trabalho junto à população de três locais ao longo do curso do rio Doce: Cachoeira Escura no município de Belo Oriente; em ilhas e alguns outros locais no município de Governador Valadares; e em ilhas e locais de Colatina, no Espírito Santo. O trabalho envolveu coletas e análises de metais pesados e arsênio em água de poços utilizados sobretudo por agricultores familiares, visando identificar consequências do desastre na barragem de Fundão na qualidade da água utilizada pelas comunidades visitadas. Foi determinada a concentração de manganês, ferro, arsênio, cádmio, estanho, chumbo, zinco, níquel, cromo, cobre e mercúrio, utilizando equipamentos como ICP-MS e espectrometria de absorção atômica. O referido trabalho foi realizado após o desastre de Fundão, porém é uma das poucas referências existentes sobre as características das águas da bacia do rio Doce.

Comparados com os valores-limite para consumo humano preconizados pela Resolução CONAMA nº 396/2008, valores excedentes foram anotados apenas quanto às concentrações de ferro e manganês, todavia os pesquisadores justificam não terem elementos que atribuam os valores desconformes à elevação da concentração dos elementos no rio Doce. É interessante considerar que apenas para o chumbo e cromo foram obtidos valores mais elevados em Belo Oriente. Para o arsênio, níquel, cobre e ferro, as concentrações maiores foram obtidas em Colatina, dos três, o ponto mais a jusante. O zinco se destaca com a concentração mais elevada em poços tubulares de Governador Valadares.

A Figura 64, construída com dados publicados por Torres et al. (2017), explicita uma boa correlação entre o ferro e o manganês na água dos poços considerados, o que é consequência do comportamento químico semelhante dos dois em ambientes aquosos. Os dois elementos têm fontes potenciais abundantes nas rochas de toda a bacia, porém seu comportamento geoquímico em ambiente superficial não é igual.

Figura 64 – Correlação das concentrações de ferro e manganês em água subterrânea de poços da BHRD.

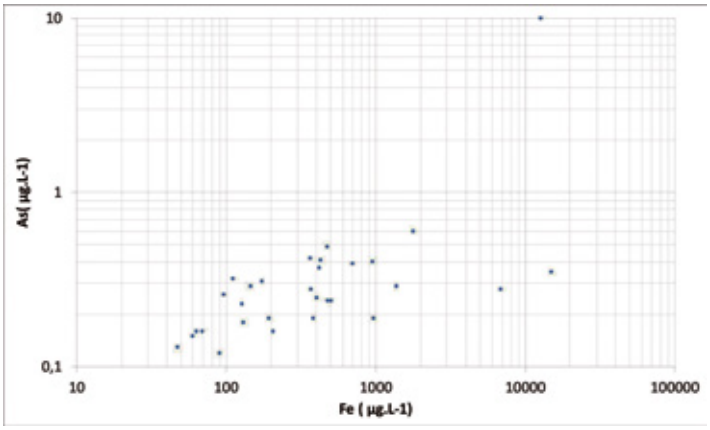


Fonte: Construída a partir de Torres et al. (2017).

A Figura 65 apresenta uma correlação razoável entre o ferro e o arsênio, reforçando a hipótese de seu sequestro por minerais oxidados hidratados de ferro, abundantes em solos e sedimentos da região.

Considerando o caso específico da bacia do rio Doce, com uma importante província mineral em parte de suas cabeceiras, a drenagem se viu alimentada por minerais secundários enriquecidos em elementos com potencial deletério à saúde humana; de início por processos puramente naturais de intemperismo e erosão, e posteriormente acelerados intensamente pela mineração ao longo de décadas e recentemente pelo evento catastrófico do rompimento da barragem de Fundão. Esse material transportado foi sendo depositado nas várzeas ao longo do curso dos rios, passando a se constituir em potencial fonte secundária desses elementos, passíveis de serem liberados por alterações físico-químicas no seio do ambiente sedimentar supra-aqual ou aqual.

Figura 65 – Correlação das concentrações de ferro e arsênio em água subterrânea de poços da BHRD.



Fonte: Construída a partir de Torres et al. (2017).

O aspecto relevante a ser observado é o estado sob o qual os elementos serão analisados. A despeito da legislação apontar como parâmetro a concentração total de determinado elemento na água, a fração transportada em solução é a principal a ser considerada no ambiente hídrico subterrâneo. Os valores obtidos de variáveis da solução na água superficial são mais prontamente influenciados pela água subterrânea, do que aqueles relacionados com o material particulado. Relacionado a esse aspecto está o fato de que poços de Colatina estão mais concentrados em determinados elementos-traço do que em Governador Valadares e Belo Oriente, fato constatado no trabalho de Torres et al. (2017).

Os trabalhos realizados na região de Linhares (MDGEO, 2016) fornecem um panorama do caráter hidroquímico da água subterrânea nos aquíferos porosos granulares no segmento de jusante do rio Doce. Trata-se de um estudo visando determinar a superfície potenciométrica da zona saturada na área próximo ao curso do rio Doce. O trabalho foi desenvolvido com base em um cadastro de 95 poços para diversos usos, e 34 lagoas abastecidas por água subterrânea e pluvial. Os autores apontam que “o fluxo ocorre preferencialmente em direção ao rio Doce, sendo, posteriormente, destinado ao oceano (oeste para leste). Localmente, em algumas porções, devido ao intenso bombeamento dos poços, verificou-se a convergência do fluxo em direção aos mesmos, ocasionando um rebaixamento local do nível de água.”

O trabalho levantou, além de variáveis hidrogeológicas indispensáveis para a elaboração do mapa potenciométrico, um elenco adequado à caracterização hidrogeoquímica dos aquíferos locais, incluindo os macroconstituintes iônicos e elementos metálicos e não metálicos constantes das normas (Resolução CONAMA nº 396/2008). São apresentadas sumariamente cada uma das variáveis determinadas quanto a suas possíveis origens, condicionantes de sua presença e conformidade ou não em relação ao preconizado pelo CONAMA. Em pontos de água esparsos na área, foram constatados valores de ferro dissolvido e manganês acima do permitido e também fica evidenciada a influência de contaminação de água oceânica em alguns poços próximos ao estuário do rio Doce no distrito de Regência.

De um total de 34 poços cuja água foi analisada, foram identificadas 16 amostras com concentração de ferro dissolvido superior ao preconizado pela norma para consumo humano e recreação, das quais, seis com concentração superior ao permitido para irrigação. Foi observado que dois desses poços estão situados próximo ao curso do rio Doce, enquanto os outros estão distribuídos desde próximo à linha costeira até mais para o interior. Foi concluído pelos autores que o contexto observado descaracteriza a presença de uma pluma de contaminação originada no fluxo de rejeitos pelo rio Doce.

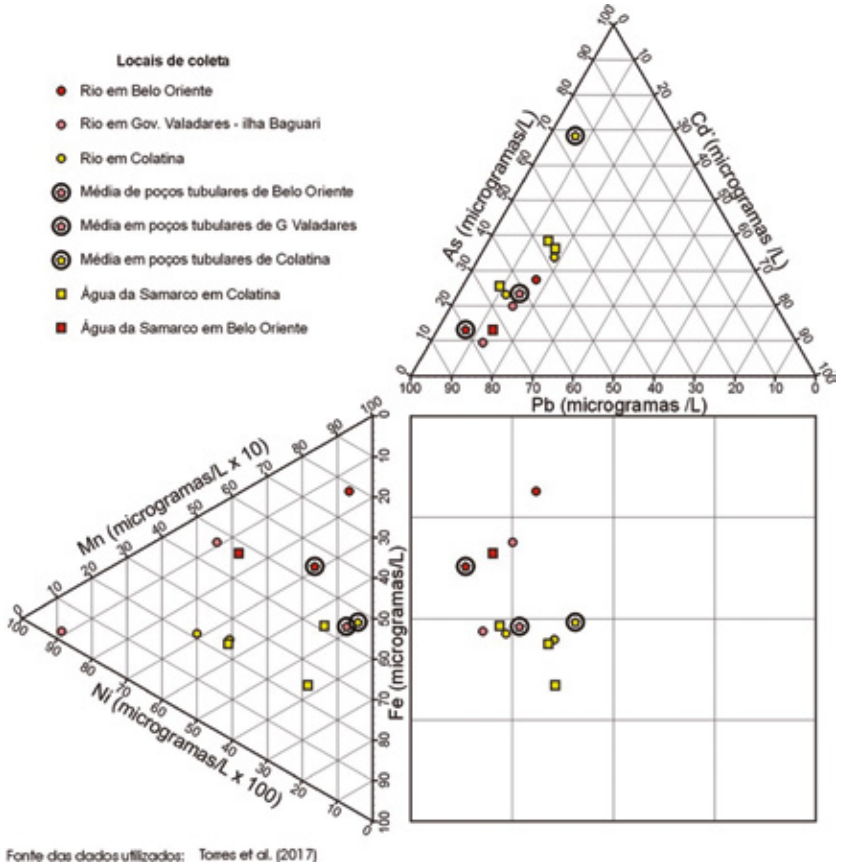
Outro parâmetro que apresentou valores excedentes aos limites do CONAMA (Resolução nº 396/2008) foi o manganês. Dezesseis amostras apresentaram concentrações superiores a 0,05 $mg.L^{-1}$, limite para dessedentação animal, sendo 14 destas desconformes quanto ao limite de 0,1 $mg.L^{-1}$ para consumo humano e recreação. Apenas oito superaram o valor máximo permitido para irrigação.

Assim como o ferro, o manganês tem suas concentrações elevadas em pontos de água dispersos, o que não seria de se esperar no caso do acesso de uma pluma de contaminação com origem no rio Doce.

Os dados físico-químicos obtidos deram indicações sobre o caráter químico das águas amostradas, evidenciando a diversidade encontrada no pacote sedimentar que forma os aquíferos da região. Foram apresentadas tabelas e produzidos mapas e diagramas explicitando características hidroquímicas dos aquíferos. No trabalho foram utilizadas em conjunto, algumas variáveis heterogêneas, como é o caso dos metais que ora foram analisados sob a forma total e ora dissolvida. Esse aspecto, no entanto, provavelmente não influiu nas conclusões obtidas. No total das amostras analisadas, foi apontado que 23 são bicarbonatadas, 10 cloretadas e duas mistas quanto aos ânions. Com respeito aos cátions, 21 são sódicas, três cálcicas e 11 mistas. É apresentado um diagrama de Piper (1944) ilustrando essa distribuição.

Entre as amostras analisadas por Torres et al. (2017), foram detectados valores de concentrações de analitos superiores ao VMP para consumo humano apenas para o ferro e manganês na água de alguns poços. O ferro teve valores excedendo ao VMP em cinco poços em Cachoeira Escura, Belo Oriente, 12 poços em Governador Valadares e 10 poços em Colatina. O manganês excedeu ao VMP em Governador Valadares e Colatina.

Figura 66 – Diagramas triangulares associados representando o comportamento conjunto de Fe, Mn, Ni, As, Cd e Pb em pontos de água de Belo Oriente, Governador Valadares e Colatina.



Fonte: Torres et al. (2017).

Com os dados obtidos por Torres et al. (2017), foi construído um diagrama composto por dois diagramas triangulares e um campo de integração quadrado procurando evidenciar características particulares que poderiam diferenciar as amostras de água coletadas nas três localidades. Um dos triângulos foi composto com os elementos ferro, manganês e níquel, com comportamentos geoquímicos apresentando semelhanças em ambientes superficiais. Em outro triângulo, foram selecionados os elementos arsênio, cádmio e chumbo, que apresentaram valores detectados em todas as amostras. É importante salientar que, no conjunto de elementos siderófilos ou afins ao ferro, o manganês e o níquel foram tomados multiplicados pelos fatores 10 e 100, respectivamente, para melhor discriminação das amostras dentro do campo triangular. Esse tipo de diagrama não é afetado pela concentração absoluta dos parâmetros considerados, o que aconteceria pela diluição por água de chuva, por exemplo, dando ênfase às relações entre as variáveis.

No diagrama da Figura 66, principalmente no conjunto Fe, Mn e Ni, as águas de Belo Oriente se individualizam pelas concentrações de manganês relativamente mais elevadas na água superficial, frente aos outros locais mais a jusante do curso do rio Doce. A média dos poços de Colatina, por sua vez, é muito semelhante à média dos poços de Governador Valadares no grupo Fe, Mn e Ni. O níquel, por outro lado, é menos concentrado na média dos poços de Colatina.

Quanto aos elementos potencialmente mais tóxicos, As, Cd e Pb, se explicita a maior concentração relativa de Pb em Belo Oriente, enquanto o arsênio está bem mais concentrado relativamente, na média dos poços de Colatina. O chumbo não se mostra como um parâmetro muito discriminante no ambiente avaliado e nesse tipo de arranjo gráfico.

O posicionamento da média dos poços e da água de rio, em cada localidade, dá indicações sobre a possível influência do rio Doce na água subterrânea captada.

O elenco de variáveis levantado na campanha de coleta de Torres et al. (2017) não privilegiou a análise dos macroconstituintes em solução, uma vez que não foi possível incluir dados dos pontos de água considerados por eles na mesma base gráfica dos parâmetros levantados em MDGEO (2016). Em contrapartida, no trabalho de Torres et al. (2017) os limites de detecção da metodologia utilizada para análise dos metais e não metais foram inferiores ao do trabalho da MDGEO, onde muitos analitos não foram detectados.

Para uma primeira avaliação da composição química da água, foi elaborado um diagrama de Durov modificado com os dados extraídos de MDGEO (2016). Esse tipo de diagrama é semelhante ao diagrama de Piper, ambos representando a composição da água em termos de seus componentes iônicos majoritários. As composições são locadas no diagrama expressas como % de equivalentes por litro dos cátions em um triângulo e dos ânions em outro. As características catiônicas e aniônicas se integram em um quadrado, evidenciando o caráter hidroquímico das amostras. Para expressar a concentração iônica da água, foi colocado um outro campo quadrado abaixo com a condutividade. Nesse quadrado, percebe-se a dependência da concentração com a proporção entre cálcio e magnésio. No diagrama foi também acrescentado abaixo um outro quadrado representando a concentração de zinco em mg.L-1. O zinco é um metal muito móvel nas águas e sua presença é registrada em muitas análises de água e, em conjunto com outras variáveis, pode vir a ser um traçador da origem da água.

Como é característica de qualquer representação gráfica que considera o percentual relativo das variáveis, os efeitos de diluição são abstraídos, evidenciando a relação entre elas e facilitando a consideração sobre a origem da água considerada.

Com relação aos ânions, fica clara a baixa concentração relativa de sulfato da maioria das amostras. Considere-se que esse componente tem nos sulfetos sua fonte mais comum e as rochas sedimentares que formam o Grupo Barreiras e a Formação Linhares foram estabelecidas em ambientes inadequados para a formação maciça desse mineral. Muitos autores (NUNES; SILVA; VILAS BOAS, 2011) apontam que há evidências de essas rochas serem formadas por material submetido a ambientes favoráveis a intenso intemperismo e eliminação precoce dos minerais mais solúveis, entre os quais se destacam os sulfetos.

Quanto aos cátions, evidencia-se a ausência de amostras com altas concentrações de magnésio e apenas três representantes de águas cálcicas. Este e outros aspectos foram igualmente destacados em Mourão (2007).

No diagrama de Durov, a concentração das amostras de água é evidenciada pela condutividade iônica, representada no campo quadrado intermediário. As tendências não são muito claras devido à dispersão de pontos, porém são sugeridos dois tipos de tendência, sendo mais evidente uma que aponta uma diminuição na concentração para águas mais sódicas e outra que tem nas águas mais cálcicas as concentrações mais baixas e as sódicas com maiores concentrações, ou condutividades. Esse segundo comportamento seria devido ao processo de mistura com solutos marinhos.

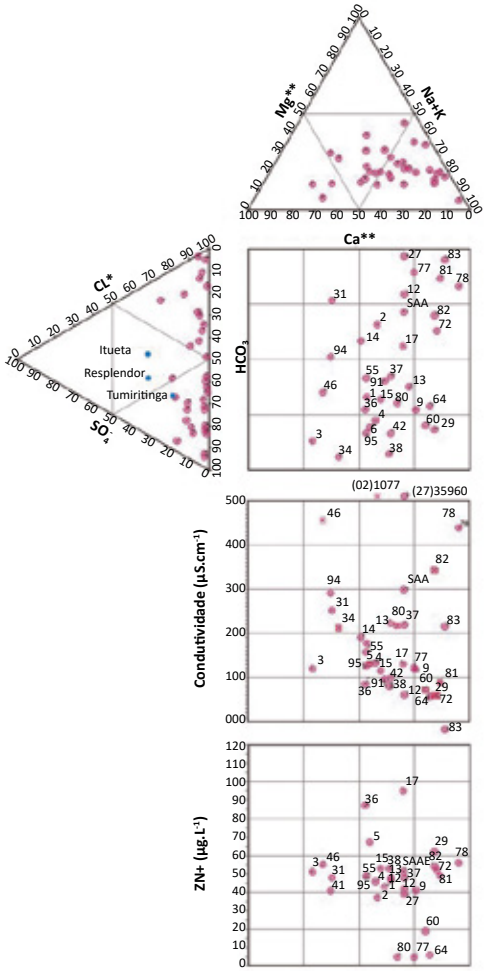
A concentração de zinco, metal dos mais solúveis entre os metais de transição, representada no campo quadrado inferior do diagrama, indica o predomínio de concentrações do elemento em uma faixa de 35 a 70 microgramas por litro. São destacados também um grupo isolado de amostras mais sódicas com baixo zinco e duas amostras com concentrações mais elevadas.

Para comparação com o caráter hidroquímico de águas superficiais e algumas subterrâneas cujos dados foram obtidos de estudos realizados na porção mineira da BHRD, com os dados de Linhares, observa-se a distribuição das amostras locadas na Figura 68. As águas registradas no diagrama triangular das proporções entre os cátions majoritários apresentam vários casos com muito baixa concentração de sódio (COSTA, 2001), o que não ocorre nas amostras de Linhares (MDGEO, 2016). As concentrações mais elevadas em sódio na região de Linhares, em parte, podem ser em decorrência de aportes de sais cíclicos de origem marinha via atmosfera.

Também nas águas superficiais dos rios representados na Figura 63, a relação Ca/Mg é sempre superior a 0,25, enquanto na região de Linhares ocorrem muitas amostras com essa relação mais baixa. Esse fato tem relação com o predomínio de rochas com composição de cálcio magnesiana a magnesiana, havendo pouca contribuição de rochas com predomínio cálcico. As rochas que contribuem maciçamente para a composição das águas na porção superior da BHRD estão em plena alteração intempérica, ao passo que na porção inferior da bacia as rochas do arcabouço do aquífero são compostas por minerais mais alterados pelo intemperismo.

Os elementos dissolvidos na água normalmente não se deslocam individualmente, a não ser em processos de difusão em meios aquosos estacionários. Seu deslocamento se dá junto com a massa de água, por advecção. Sendo assim, cabe um estudo do contexto hidroquímico dos aquíferos, levando em conta o maior número possível de variáveis, para a compreensão da origem dos valores acima dos limites normativos para alguns parâmetros avaliados.

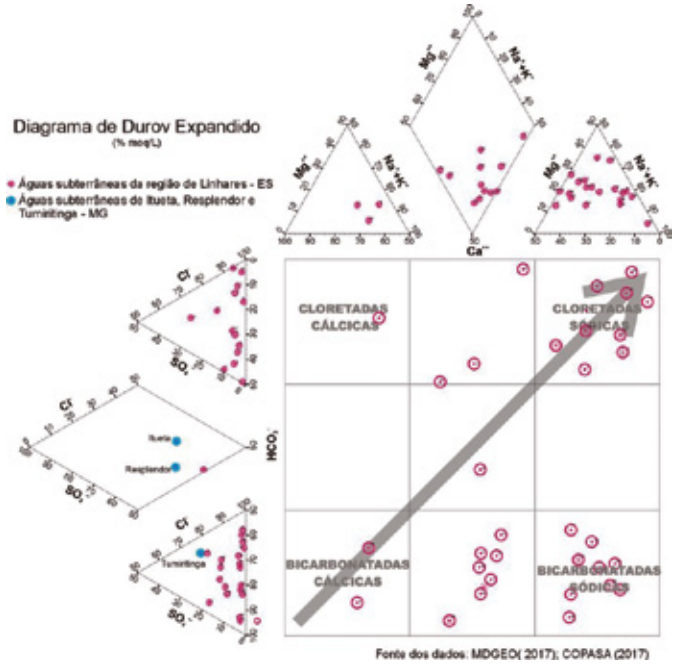
Figura 67 – Distribuição da composição da água de poços na região de Linhares e de poços em Itueta, Resplendor e Tumiritinga, operados pela COPASA, em um diagrama de Durov modificado.



Fonte: MDGEO (2016)

Outro dispositivo gráfico que está sendo utilizando é o diagrama de Durov expandido (LLOYD; HEATHCOTE, 1985), onde os triângulos dos cátions e dos ânions são divididos em três segmentos, para melhor evidenciar o caráter hidroquímico das amostras (Figura 68). No segmento quadrado do diagrama são configurados nove campos: 1) inferior esquerdo, correspondendo a águas bicarbonatadas cálcicas; 2) inferior central; 3) inferior direito; 4) intermediário direito; 5) intermediário central; 6) intermediário direito; 7) superior esquerdo; 8) superior central; e 9) superior direito.

Figura 68 – Situação de amostras de água da região de Linhares, Itueta, Resplendor e Tumiritinga, em um diagrama de Durov expandido.



Fonte: MDGEO (2016) e SIAGAS (2017)

Uma tendência geral de mistura de águas locada nesse tipo de diagrama seguiria a seta, do campo 1 ao campo 9, ao passo que a passagem do campo 1 ao campo 3 corresponderia a uma troca iônica reversa, onde uma água de intemperismo de rocha de composição granito-gnáissicas, predominante na BHRD, teria o cálcio dissolvido trocado por sódio. A mistura direta entre uma água típica continental do campo 1, com uma água oceânica, culminaria no campo 9.

Em uma primeira análise, a Figura 68 evidencia em Linhares um predomínio de águas sódicas com caráter bicarbonatado, cloretado sódico e misto. O caráter sulfatado é raro na região da foz do rio Doce. Por outro lado, esse caráter sulfatado se manifesta com maior evidência em águas de Itueta, Resplendor e Tumiritinga, fornecidas pela COPASA, que foram tomadas aqui como simples referência. À medida que amostras forem sendo obtidas no âmbito deste trabalho, as análises serão incorporadas nos diagramas para melhor caracterização do quimismo das águas subterrâneas da BHRD.

A representação de água dos poços de Itueta, Resplendor e Tumiritinga se restringe aos ânions pelo fato das análises fornecidas pela COPASA não conterem dados dos cátions. Uma representação mais completa de águas da porção mineira da BHRD será feita posteriormente.

Essa abordagem interpretativa dos dados químicos é apenas ilustrativa de algumas potencialidades do uso dos diagramas apresentados, que serão também muito úteis ao se incorporar análises de águas superficiais para elucidar possíveis misturas de águas.

2.3.4.3 Vulnerabilidade e risco de contaminação de aquíferos

Um dos grandes objetivos deste trabalho é levantar conhecimentos que induzam a uma boa qualidade de vida a pessoas e outras entidades vivas presentes na bacia do rio Doce, para o que é indispensável o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. No que concerne aos recursos hídricos subterrâneos, é necessário avaliar, além da sua disponibilidade, a sua qualidade, sua vulnerabilidade e os riscos de comprometimento de seus usos.

A identificação de áreas da bacia enquadradas em diferentes classes de vulnerabilidade e de riscos aos corpos d'água subterrâneos carece de um conhecimento dos fatores determinantes da vulnerabilidade e indutores de riscos. Mapas de classes de vulnerabilidade e risco ainda não foram elaborados para o total da bacia, porém já foi possível identificar algumas situações clássicas envolvendo fatores litológicos, ocupação do solo e situação espacial do ponto de captação de água subterrânea em relação a fontes de contaminação.

Até o momento se configuraram como enquadráveis em uma classe de alta vulnerabilidade os aquíferos livres porosos estabelecidos nos aluviões marginais aos rios. Essa assertiva considera como fonte de contaminantes os próprios fluxos dos rios. Apesar de os rios da bacia do rio Doce serem em princípio efluentes, por ocasião da chegada de ondas de cheia que alagam a planície de inundação, por algum tempo o fluxo localmente pode se inverter, fazendo material veiculado pela drenagem penetrar no aquífero. Essas considerações são apenas indicativas e com base no conhecimento da distribuição das formações superficiais e dos princípios gerais da hidrogeologia (FETTER, 1994).

Em muitos casos, os corpos aquíferos marginais aos rios, vulneráveis, são delgados, com poucos metros de espessura e poços lá perfurados os seccionam indo buscar como manancial o aquífero fraturado subjacente, como pode ser observado em poços cujo perfil é encontrado no SIAGAS (CPRM, 2017). Nesses casos, costuma-se construir poços tubulares isolando os níveis porosos superficiais, no entanto fraturas podem ser parcialmente abastecidas nesses corpos superficiais e aduzir água proveniente dos rios, quando do bombeamento dos poços.

Se esses aquíferos rasos não são adequados à explotação de grandes volumes de água, seu aproveitamento é comum para abastecimento da população periurbana que habita e mantém unidades de agricultura familiar nas margens do rio Doce.

Pelos aspectos mencionados, os corpos aquíferos sedimentares arenosos poderiam ser enquadrados em um nível máximo de vulnerabilidade e os síltico-argilosos em um nível menor.

No que se refere aos aquíferos do domínio fissural, sua vulnerabilidade pode ser elevada quando expostos, sem a cobertura de solo, pois as fraturas são mais acessíveis a contaminantes na superfície do terreno. No caso da cobertura por uma camada espessa de solos ou de rochas alteradas de um modo geral, sua vulnerabilidade é bem menor, pois o material argiloso da decomposição das rochas magmáticas e metamórficas que predominam na bacia do rio Doce tem uma grande capacidade de sorção de elementos ou compostos deletérios à saúde.

Além da vulnerabilidade, o conceito de risco envolve a presença de fatores capazes de causar danos a pessoas e/ou ecossistemas submetidos a eles. Assim sendo, os fatores de risco aos aquíferos da bacia hidrográfica do rio Doce estão principalmente ligados a contaminações oriundas em núcleos urbanos, indústrias e atividades minero-industriais.

Posteriormente, no decorrer deste trabalho e com a integração dos dados primários obtidos em diferentes áreas temáticas, será possível a elaboração de mapas de vulnerabilidade e risco relativos à água subterrânea na bacia hidrográfica do rio Doce, úteis como subsídio ao planejamento para reordenar a ocupação da área considerada. Um dos modelos passíveis de adoção é o GOD (FOSTER; HIRATA, 1993) ou outro que seja compatível com as informações que estão sendo levantadas.

2.3.4.3.1 *Aquíferos e lagoas*

Compondo um grupo importante de corpos d'água existente na bacia hidrográfica do rio Doce estão as lagoas. Algumas situadas na secção intermediária da bacia em área de delgados corpos aquíferos do domínio poroso e outras sobre aquíferos porosos do Grupo Barreiras, na região de Linhares. Algumas das lagoas atualmente não têm contato direto com a água do rio Doce, sendo hidraulicamente ligadas aos aquíferos locais, a despeito de serem submetidas, cada uma delas, a controles limnológicos do ambiente aqual correspondente. A relação do quimismo da água de lagoas com as características dos aquíferos será abordada na sequência dos trabalhos dos grupos temáticos envolvidos neste diagnóstico (LACTEC, 2018).

2.3.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA LINHA-BASE PÓS-DESASTRE

O elenco de poços cadastrados na BHRD é relativamente grande, porém a maioria dos registros não apresenta dados químicos de qualquer espécie ou mesmo perfis litológicos, no entanto são importantes fontes de informações da localização das demandas de água.

Os levantamentos dos dados para o estabelecimento da linha-base das condições da água subterrânea prévias ao rompimento da barragem de Fundão evidenciaram a ausência de informações consistentes em quantidade suficiente na bacia do rio Doce. Para o necessário inventário dos danos causados a esse segmento do ciclo hidrológico, há que se levantar as condições anteriores por meio de uma outra abordagem.

No que se refere à água subterrânea, os impactos que se pretende avaliar podem se enquadrar basicamente em duas categorias: relativos à qualidade da água e da quantidade da água disponível para os usuários. A quantidade de água, em princípio, não foi diretamente afetada, porém a qualidade da água tem um potencial para ter sido alterada com maior ou menor intensidade, dependendo das condições hidrogeológicas e da localização de cada captação.

Os indicadores de contaminação da água subterrânea na bacia são passíveis de serem estabelecidos com base em características hidroquímicas levantadas em poços de captação, adequadamente, selecionados conforme alguns critérios estabelecidos. A implantação de uma rede de poços de monitoramento específicos em toda a extensão da bacia não se justificaria em face do tempo e recursos necessários.

O princípio que norteia o programa de avaliação da influência do fluxo de rejeitos que correu pelas calhas fluviais na água subterrânea é o fato de que a contaminação oriunda de uma massa de água em outra se dá pela mistura dos dois tipos de água como um todo, em proporções que podem ser variadas. Um contaminante não se desloca isoladamente, a menos que seja por difusão em pequena escala. A água subterrânea eventualmente contaminada apresentará um caráter geoquímico ou conjunto de características químicas adquiridas da massa de água que veiculou a contaminação. Diante disso, a avaliação da possibilidade de contaminação da água subterrânea pelo rejeito de Fundão passa pela identificação de poços seguramente não afetados, por suas características hidroquímicas e hidrogeológicas.

O programa de recuperação das características químicas das águas subterrâneas anteriores ao desastre envolve:

- Seleção prioritária de poços tubulares profundos o mais próximo possível da calha do rio Doce, por serem estes, em princípio, os mais vulneráveis a contaminações;
- Priorização de poços que abastecem comunidades, por estarem equipados com dispositivos de captação e serem, em princípio, submetidos à manutenção regular;
- Procurar distribuir os poços cobrindo a maior extensão possível do curso do rio Doce;
- Em locais onde for inviável a amostragem em poços regularmente operados por empresas de saneamento, selecionar outros poços existentes nas proximidades em condição de serem operados;
- Realizar um mínimo de quatro campanhas de amostragem semestrais, sendo programado para cada campanha a amostragem de 20 poços ou pontos de água;
- Analisar em campo condutividade, pH e temperatura, e coletar amostras para análise multielementar por ICP AES ou ICP MS, e componentes iônicos majoritários como bicarbonato/carbonato (alcalinidade), cloreto, sulfato, nitrato e fluoreto;
- Tratar os dados de modo a caracterizar a água de cada poço conforme seus atributos hidrogeoquímicos;
- Desenvolver avaliações de convergência das características químicas das águas de cada poço em particular e do conjunto de poços com a água do rio Doce;
- Relacionar as características da água subterrânea dos poços com atributos geoambientais e de ocupação humana da área de contribuição;
- Ponderar a possibilidade de contaminação pelos rejeitos de Fundão para cada poço ou segmento da bacia.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE

Os ambientes caracterizados pelo subsolo, especificamente no que diz respeito à geologia, correspondem às condicionantes geológicas naturais, ao contexto geomorfológico, ao acervo espeleológico e à água subterrânea.

No que se refere ao contexto geológico das áreas-fonte, considerando que o rejeito tem relação direta com o minério, principalmente no que concerne à composição da rocha explorada, pode-se dizer que a barragem de Fundão estava localizada em áreas contíguas às minas do Complexo Alegria, situadas na porção leste do Quadrilátero Ferrífero (QF).

O QF é uma mega feição geológica, resultado de intensos processos de deformações superimpostas, que condicionaram a concentração de diversos bens minerais, e é considerada uma grande anomalia geoquímica natural, com paragêneses e mineralogias muito específicas.

Face a essas características, o contexto geoquímico dessas áreas apresenta valores relativamente elevados de *background* para alguns metais, entre os quais, destacam-se obviamente o ferro (45.000 mg/kg) e também o alumínio (10.610 mg/kg), arsênio (229 mg/kg), bário (7 mg/kg),

chumbo (7 mg/kg), manganês (300 mg/kg), zinco (10,5 mg/kg) e vanádio (54,6 mg/kg); e, ainda, elementos como o cromo (65,5 mg/kg), estrôncio (4,7 mg/kg), magnésio (110 mg/kg) e níquel (5 mg/kg) em teores menos expressivos. Esses elementos são possivelmente relacionados com fontes geogênicas, ou seja, de origem natural. Dados complementares a respeito do *background* natural são apresentados no capítulo específico sobre qualidade de sedimentos.

No que diz respeito à mineralogia dessas zonas mineralizadas, principalmente os depósitos ferruginosos, os minerais abundantes são a hematita e a goethita, que está presente principalmente sob as formas botrioidal, e secundariamente a magnetita, que está normalmente em processo de martitização. O quartzo é um dos principais minerais constituintes dos itabiritos e é o principal mineral do rejeito.

No que diz respeito aos aspectos geomorfológicos, verifica-se que há uma grande amplitude de relevo ao longo do traçado do rio Doce e seus afluentes, com altitudes de 820 metros nas áreas de extração e declividades igualmente acentuadas, principalmente no compartimento entre a barragem de fundão e a UHE Risoleta Neves, até 0 metros na foz do rio Doce.

Apesar de historicamente degradada, a área por onde passou a lama continha afloramentos rochosos, terraços marginais, planícies aluvionares e demais ambientes associados. Análises preliminares, com suporte de imagens orbitais anteriores ao desastre, permitiram avaliar que esses ambientes se encontravam aparentemente estabilizados e com a passagem da lama de rejeito, além da remoção de solos e rochas, houve também a ressuspensão dos sedimentos de fundo. O carreamento dessas partículas ao longo do rio Doce, promoveu uma alteração geoquímica do curso do rio com o aporte de elementos característicos de rochas do QF, incomuns aos sedimentos comumente provenientes de rochas presentes nos compartimentos entre a UHE Risoleta Neves e a foz do rio Doce no Espírito Santo.

Entre os principais litotipos atravessados, destacam-se a predominância de rochas metamórficas, constituídas predominantemente por quartzitos, xistos e gnaisses, intrusões graníticas, rochas tonalíticas e migmatitos e depósitos cenozoicos da Formação Barreiras, nas proximidades da região costeira. Além dessas unidades, destacam-se depósitos de origem aluvionar que ocupam as planícies de inundação, áreas estas diretamente afetadas pela passagem e deposição da lama.

Além dessas litologias, destaca-se também o patrimônio espeleológico, que foram as cavidades eventualmente atingidas pela lama. Embora não existam muitas cavidades nas proximidades do rio Doce e seus afluentes, no entorno da barragem de Santarém, de acordo com dados da CECAV e levantamentos espeleológicos para fins de licenciamento ambiental, realizados pela CARSTE e Agroflor, existiam nessa área 15 cavidades/abrigos mapeadas. Essas feições não apresentavam registros culturais e bens arqueológicos e, em função das propriedades espeleométricas, quando a profundidade é inferior à altura, foram classificadas como abrigos.

As avaliações realizadas até o momento sobre a água subterrânea apontam que há carência de informações históricas facilmente acessíveis sobre a qualidade da água subterrânea na bacia do rio Doce, anteriores ao rompimento da barragem de Fundão, o que reforça a importância de se obter análises de água minimamente completas. Essa lacuna está sendo, na medida do possível, coberta na sequência dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos.

O modelo do macrocomportamento hidrogeológico da bacia do rio Doce evidencia cursos de água efluentes, ou seja, que recebem contribuições de fluxos hídricos subterrâneos, não contribuindo

para a recarga dos aquíferos. Uma restrita contribuição do rio para a porção dos aquíferos marginais à calha fluvial poderia ocorrer por ocasião de grandes cheias de curta duração, devido ao desequilíbrio momentâneo do nível potenciométrico do aquífero naquela zona. Outra situação muito localizada passível de ocorrência seria a captura de fração de água do rio no caso da exploração intensiva de poços profundos instalados muito próximo à calha fluvial.

O comportamento efluente do rio Doce leva a que eventuais contaminações dos corpos subterrâneos por material veiculado pelo fluxo contaminado pelo desastre sejam minimizadas. Os depósitos do material originariamente acumulado no reservatório de Fundão têm potencial para influir, quando muito em aquíferos pouco possantes, distribuídos nas margens do rio, em sua planície de inundação.

Os parâmetros que apresentaram com maior frequência desconformidades, detectadas em análises de água subterrânea da bacia do rio Doce, estão entre os mais abundantes no globo terrestre como um todo e também na crosta. Para que possa ter havido a contaminação de um segmento de aquífero por água contaminada do rio Doce, é necessário que haja a possibilidade de mistura entre esses dois tipos de água e isto não é possível ser avaliado apenas com base nos dados obtidos antes do desastre, pois estes são escassos e incompletos.

O ferro, quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, e o manganês, que está entre os elementos minoritários mais ubíquos, apresentam uma boa correlação interelemento, que não pode ser atribuída apenas a uma rocha de origem comum.

O ferro, o manganês e o arsênio apresentam razoável correlação interelemento, conforme análises realizadas em água de abastecimento de três regiões seccionadas pelo curso do rio Doce, o que reforça a hipótese da fixação do arsênio principalmente em compostos hidratados de ferro e manganês. A aparente correlação do ferro com o manganês pode estar mais relacionada ao comportamento semelhante em meio superficial do que a uma origem comum em material rochoso. Em todo o caso, a origem das altas concentrações de ferro e também de manganês na água de poços ao longo do curso do Rio Doce e em pontos mais afastados da bacia será investigada, para se ter uma base para correlacionar esse fato com os fluxos de material veiculados pelos rejeitos.

Os aquíferos próximos à calha do rio Doce e afluentes são vulneráveis a componentes em solução provenientes do escoamento fluvial, desde que a direção dos fluxos subterrâneos e as suas características hidrogeológicas viabilizem a mistura. A referida vulnerabilidade diz respeito diretamente à possibilidade maior ou menor de acesso à água subterrânea.

Quanto a componentes químicos ligados a material particulado, seu acesso aos aquíferos granulares porosos das planícies de inundação nas margens do rio Doce é muito restrito devido à capacidade de retenção mecânica por filtração.

Há poucos dados sobre a composição da água subterrânea na bacia do rio Doce, principalmente em sua porção situada em Minas Gerais, sendo necessário realizar um inventário da qualidade da água dos poços existentes, tendo por prioridade aqueles próximos ao curso do rio Doce. Tal inventário está sendo desenvolvido pelo Lactec na sequência dos trabalhos para o diagnóstico. As análises químicas da água dos poços incluem não apenas os parâmetros que possuem limites de concentração ou valor de referência, mas sim um conjunto completo dos constituintes majoritários em solução, viabilizando análises hidrogeoquímicas consistentes. Essas análises, incluindo pontos de controle não afetados pelos

rejeitos, possibilitarão uma avaliação *a posteriori* das possibilidades de contaminação dos aquíferos, suprindo em parte a ausência de uma linha-base propriamente dita.

A sequência dos trabalhos relativos à água subterrânea evoluirá visando à elaboração de um modelo conceitual que evidencie os processos principais que regulam a composição química da água da bacia do rio Doce. Tal abordagem tornará possível a identificação dos possíveis níveis de contribuição dos rejeitos da barragem de Fundão na qualidade da água, bem como subsidiará ações para o gerenciamento da bacia.

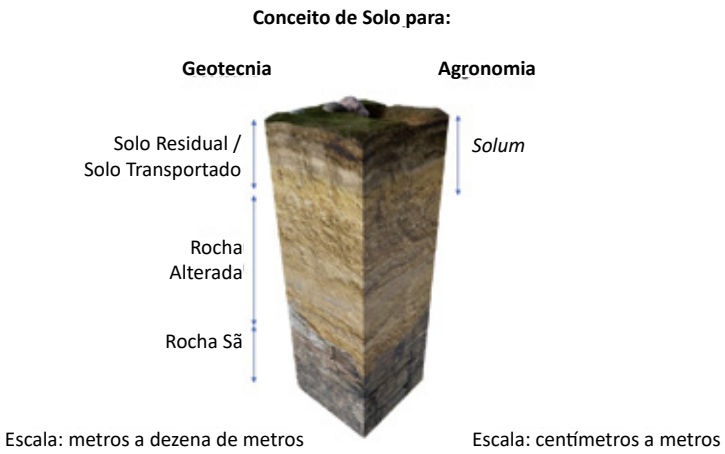
3 AMBIENTE TERRESTRE

Este capítulo aborda o ambiente terrestre na sua camada superficial, contendo os compartimentos solos, flora, fauna silvestre e áreas de conservação. Em relação aos solos, estes podem ser entendidos sobre diferentes visões, tais como: meio para suporte ao ecossistema, envolvendo as relações entre solo-planta-atmosfera, sendo este estudado pela ciência do solo com foco na área de agronomia; e como meio de suporte a infraestruturas, em que a geotecnia é responsável pelas relações mecânicas do solo com estruturas de engenharia civil. Dessa forma, o solo será abordado nesses dois contextos conforme a visão específica de cada área.

3.1 SOLOS

Para a definição da linha-base dos parâmetros de solos, este capítulo abordará o solo em seu aspecto ambiental e agronômico. Nesse sentido, o compartimento a ser estudado neste tópico compreende as camadas mais superficiais (principalmente o *solum*), da ordem de grandeza de centímetros a metros. O estudo do solo em uma dimensão mais profunda (do regolito ao embasamento rochoso), da ordem de grandeza de metros a dezenas de metros (Figura 69), será apresentado no capítulo seguinte, pela área de geotecnia. Entre as áreas de agronomia e geotecnia são estudados parâmetros físicos do solo em comum (granulometria, densidade, porosidade etc.), entretanto, com objetivos e aplicações diferentes, conforme serão detalhados posteriormente.

Figura 69 – Diferenças entre o conceito de solo para as áreas de geotecnia e agronomia.



Apesar de possuir uma série de definições, o termo “solo” pode ser descrito como a:

> coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas. (EMBRAPA, 2018b, pág. 14).

De forma geral, os solos podem ser descritos e caracterizados a partir de seus horizontes, que são seções horizontais distribuídas no perfil e que representam os processos pedogenéticos, podendo ser diferenciados a partir de características intrínsecas, como cor, textura, estrutura ou consistência.

Os horizontes do solo se subdividem, de forma generalizada, em horizontes superficiais (O, H e A) e subsuperficiais (E, B, C, F e R) (EMBRAPA, 2018a).

A constituição básica do solo é representada pela presença de matéria sólida (mineral e orgânica), líquida (solução do solo) e gasosa, e guarda a proporção volumétrica de 50% (45% mineral e 5% orgânica), 25% e 25%, respectivamente. No entanto, essa proporção pode variar de acordo com as condições climáticas, que determinam principalmente o teor de umidade, a textura (proporção de areia, silte e argila) e o grau de desenvolvimento do solo, ou até mesmo a sua forma de preparo e utilização (MELO; LIMA, 2007).

Em relação à constituição sólida do solo, esta é constituída por minerais remanescentes da rocha (minerais primários), minerais provenientes do intemperismo da rocha ou da recombinação dos elementos químicos que a constituem (minerais secundários) e da Matéria Orgânica (MO), que por sua vez pode ser genericamente dividida em dois grupos fundamentais. O primeiro é constituído pelos produtos da decomposição dos resíduos orgânicos e do metabolismo microbiano, como proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas etc., e o segundo é representado pelas substâncias húmicas, que são estruturas químicas complexas de alta estabilidade no solo (GUERRA et al., 2008).

A porção mineral do solo pode ser classificada de acordo com o tamanho dos minerais que o compõem, em que aqueles que determinam as características físico-químicas e ditam o comportamento do solo apresentam tamanho menor que 2 mm, fração denominada de terra fina (MELO; LIMA, 2007). Dentro da terra fina, os minerais são classificados como pertencentes às frações areia (tamanho entre 2 e 0,05 mm), silte (entre 0,05 e 0,002 mm) e argila (menor que 0,002 mm), em que os principais representantes dessa última fração (argilominerais) em solos tropicais intemperizados são os filossilicatos (como a caulinita) e os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (como a hematita, goethita e gibbsita) (KÄMPF; CURI; MARQUES, 2009; MELO; LIMA, 2007). Os argilominerais, juntamente com a MO humificada, são os responsáveis pela formação de cargas no solo, que por sua vez mantêm uma série de funções do solo no ambiente, como a retenção de nutrientes (definida pelas capacidades de troca catiônica e aniônica, CTC e CTA, respectivamente) e elementos tóxicos (EPTs e poluentes orgânicos), a retenção de água, estruturação etc. (MELO; LIMA, 2007).

A presença de cargas elétricas no solo, de cátions floculantes nos coloides (como o cálcio, por exemplo) e a ação cimentante da MO resultam na união das partículas orgânicas e minerais do solo, dando origem aos agregados, que posteriormente formarão sua estrutura. O arranjamento dos agregados é responsável pela formação da porosidade, que por sua vez armazena água (nos microporos) e ar (nos macroporos), serve de habitat para a fauna edáfica e permite a drenagem da água e o desenvolvimento e crescimento das raízes de plantas.

A fase sólida do solo é mantida em equilíbrio com a fase líquida, ou seja, com a solução do solo. Na solução do solo, além da água, estão dissolvidos os elementos prontamente disponíveis para a absorção pelas plantas (NO_3^-, NH_4^+, $H_2PO_4^-$, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^-, micronutrientes), que por sua vez são tamponados pelos elementos retidos à superfície dos argilominerais e/ou MO humificada (representados pela CTC e CTA). Adicionalmente, elementos tóxicos às plantas, como o Al^{3+}, e íons que determinam o pH do solo, como o H^+ e OH^-, estão presentes na solução do solo em equilíbrio dinâmico com a fase

sólida. O nível dessas relações determina a fertilidade do solo e o seu potencial em fornecer nutrientes e sustentar a vida vegetal.

A retenção dos nutrientes e elementos tóxicos no solo pode se apresentar em diferentes graus. Em alguns casos, existe a retenção como reações que não envolvem cargas, como mais comum para o Cu, Zn e Pb. Por outro lado, eventualmente podem ser encontrados no solo EPTs (como arsênio, chumbo, cádmio etc.) e compostos orgânicos (como pesticidas, hormônios, resíduos de petróleo etc.), devido à ação natural ou antrópica. Nesse sentido, o solo serve como um purificador de poluentes, pois possui a capacidade de adsorver esses contaminantes, mantendo-os indisponíveis aos seres vivos, ou ainda pela ação de microrganismos que podem decompor poluentes e destoxificar o ambiente. Por outro lado, quando ocorre a degradação ou poluição do solo, pode haver comprometimento da qualidade do ar, da água, do meio ambiente e, consequentemente, da sobrevivência dos seres vivos (MOTA; BARCELLOS, 2007).

O estudo dos constituintes e da morfologia do solo é importante para o entendimento da sua formação e para a classificação sistemática dos diferentes tipos de solo existentes na paisagem. No entanto, o solo deve ser visto, sobretudo, como um sistema resultante de complexas interações entre os minerais, as plantas e a biota edáfica, que preenchem uma série de funções ecossistêmicas fundamentais ao meio ambiente e à vida humana (ECHEVARRIA; MOREL, 2015; VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

Nesse sentido, este capítulo tem por objetivo apresentar os níveis naturais de fertilidade, EPTs e atributos físicos e mineralógicos das camadas superficiais dos solos da bacia do rio Doce, a fim de servir como valores de base ou níveis de *background* orientadores para os trabalhos futuros de monitoramento dos solos afetados pela deposição de rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão.

3.1.1 CONCEITOS

AMOSTRA DE SOLO: é uma parte ou uma porção de determinada camada ou horizonte do solo usada em processos analíticos para se conhecer as propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas do solo.

CAMADA DE SOLO: seção do perfil do solo que possui propriedades não resultantes ou pouco influenciadas pelos processos pedogenéticos.

FERTILIDADE DO SOLO: envolve as propriedades químicas, físico-químicas e biológicas do solo que influenciam a dinâmica e a disponibilidade de nutrientes, elementos benéficos, tóxicos e outros às plantas.

FÍSICA DO SOLO: a física de solos estuda e define, qualitativa e quantitativamente, as propriedades físicas – envolvendo as três fases do solo (sólida, líquida e gasosa) –, bem como sua medição, predição e controle, com o objetivo principal de entender os mecanismos que governam a funcionalidade dos solos e seu papel na biosfera. Duas propriedades físicas, hierarquicamente mais importantes, referem-se à textura do solo (que é definida pela distribuição de tamanho de partículas) e a estrutura do solo (definida pelo arranjamento das partículas em agregados). A dinâmica das fases líquida e gasosa está diretamente associada a essas duas propriedades.

HORIZONTE DO SOLO: subseções do perfil do solo, aproximadamente, paralelas à superfície do solo, que apresentam características morfológicas e atributos físicos, químicos e mineralógicos suficientemente distintos para individualizá-las segundo critérios morfogenéticos.

ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (EPTs): normalmente são metais sólidos (e.g., Pb e Cd) ou líquidos (e.g., Hg) à temperatura ambiente, mas podem ser também semimetais (e.g., As e Sb). A principal característica comum dos EPTs é sua alta toxicidade aos animais e baixa ou nula degradabilidade ambiental, com crescente acúmulo na cadeia trófica. Alguns EPTs, em baixas concentrações, são essenciais aos organismos vivos, como Fe, Mn, Cu e Zn. Já a grande maioria dos EPTs, mesmo em baixas concentrações, causa efeitos deletérios à saúde animal.

MINERALOGIA DO SOLO: é o ramo da Ciência do Solo que estuda as propriedades, composição, maneira de ocorrência e gênese dos minerais primários e secundários das frações areia, silte e argila dos solos.

PERFIL DO SOLO: é uma seção vertical do solo através de todos os seus horizontes e camadas, estendendo-se para dentro do material de origem.

SOLOS DE VÁRZEAS: são solos hidromórficos que ocupam áreas planas, baixas, de formação sedimentar recente e originados a montante. Logo, são associados a solos e rochas existentes na bacia acima da região de deposição. Os sedimentos trazidos pelos rios (argila, silte, areia, frações orgânicas) são depositados seletivamente nesses solos em função do grau de energia. Verifica-se a oscilação ou estagnação do nível freático em seus horizontes em pelo menos uma estação do ano. É comum a evidência de mosqueados e/ou processos de gleização nesses solos. Dada a baixa cota em relação aos solos de terras altas, os solos de várzeas recebem adição contínua de nutrientes e mesmo de sedimentos.

***SOLUM*:** parte superior e mais intemperizada do perfil do solo, compreendendo somente os horizontes A e B (excluído o BC). Do Latim *solum* = suporte, superfície, base.

TERRAS ALTAS: no presente estudo, relacionam-se aos solos formados diretamente pela intemperização da rocha local ou próxima. Na área estudada, o relevo é acidentado de modo geral, não havendo acúmulo e saturação do solo com água. Logo, não estão sujeitos à oscilação do nível freático em seus horizontes em nenhuma estação do ano. Prevalecem as condições aeróbicas na formação do solo, não havendo evidências de processos atuais de segregação de ferro, como mosqueados e gleização. Esses solos se caracterizam por haver perdas de elementos via lixiviação para subsolos.

3.1.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Para a composição da linha-base de solos, buscou-se inicialmente compilar dados de amostras de solos a partir da literatura e que abrangessem a área total da bacia do rio Doce. O banco de dados obtido continha tanto solos sob influência do nível da água (solos de várzea) quanto solos em posições mais altas na paisagem (terras altas), desde a barragem de Fundão até a foz do rio. Após essa composição geral, foram realizadas análises estatísticas (que serão detalhadas no próximo item) a fim de agrupar pontos com características semelhantes e obter melhor representatividade dos parâmetros, o que resultou em uma divisão do banco de dados em pontos que representavam os solos de várzeas e de terras altas dentro e fora do QF, e dentro e fora da bacia de contribuição a montante da UHE

Risoleta Neves, popularmente conhecida como Candonga. Esse agrupamento subsidiou a decisão de delimitar uma nova área de abrangência para a composição da linha-base, representada pelos solos de várzea de fora do QF e dentro da bacia de Candonga, uma vez que esses solos são os que efetivamente representam a condição anterior ao soterramento pelo rejeito (já que os solos de terras altas não foram soterrados).

3.1.3 METODOLOGIA

Para caraterização da linha-base foram obtidos dados de fertilidade, EPTs, mineralogia e física de solos da bacia do rio Doce, previamente publicados na literatura. Todos os dados foram selecionados e limitados à bacia do rio Doce, a partir da utilização do polígono contendo o limite dessa bacia ("Limite_Bacia_Rio_Doce.shp"). Os dados estão disponíveis no banco de dados geográficos do Lactec, sendo essa operação realizada no ArcGis 10.6®. Foi construído um banco de dados (planilha eletrônica) para cada área de interesse: fertilidade do solo, EPTs, mineralogia do solo e física do solo. As unidades de cada um dos parâmetros de solos para cada banco de dados foram padronizadas de forma a permitir as análises estatísticas.

O banco de dados de fertilidade foi composto por perfis e amostras de solo oriundos do antigo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) da Embrapa e pelo Projeto RADAM Brasil, os quais foram adquiridos de Benedetti et al. (2008), de amostras de solos de Gonçalves (2009), de amostras da FEAM et al. (2010), de perfis de solo da tese de doutorado de Pacheco (2015), de perfis de solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2017) e das amostras coletadas pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), que foram obtidas diretamente com a Fundação Renova (2018). Destaca-se que as únicas amostras que são posteriores ao desastre são as amostras da Emater-MG, as quais também não possuíam coordenadas do local de coleta. Esse banco possui um número total de 627 amostras e os parâmetros disponíveis são pH (em água e KCl), P, K, Na, Ca, Mg, Al, H + Al, SB (soma de bases), t (capacidade de troca catiônica efetiva), T (capacidade de troca catiônica a pH 7), V (saturação por bases), m (saturação por alumínio), CO (carbono orgânico) e P_{rem} (fósforo remanescente).

Em termos metodológicos dos parâmetros da fertilidade dos solos, existe uma total convergência de métodos analíticos (EMBRAPA, 1997) entre as referências usadas nas definições da linha-base: pH (relação 1:2,5 (m/v)) – em água, KCl 1 mol L^{-1} e $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1}; acidez potencial (H + Al^{3+}) –, solução extratora de acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} pH 7,0; teores trocáveis Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+} – solução extratora de KCl 1 mol L^{-1}; teor trocável de K^+ e disponível de P, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+} e Fe^{2+} –, extração com solução de Mehlich-1; teor de carbono orgânico – reação de oxidação da matéria orgânica e redução do dicromato. Como resultado prático, a discussão integrada de dados de fertilidade produzidos por diferentes autores é perfeitamente adequada.

O banco de dados de EPTs foi composto por perfis e amostras de solos oriundos da FEAM et al. (2010), Pacheco (2015), CPRM (2016) e Golder Associates (2017). Destaca-se que as únicas amostras que são posteriores ao desastre são as amostras de Golder Associates (2017). Nesse caso, somente os dados de solos que foram coletados nas áreas fora da área afetada pela deposição da lama foram

inseridos ao banco de dados (terras altas). Esse banco possui um número total de 368 amostras, com os teores totais dos seguintes EPTs: Ag, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V, Zn, As, Sb, Se, Hg, Fe.

Os métodos usados pelos autores relacionados à determinação dos EPTs nos solos são apresentados e discutidos a seguir:

1) **FEAM et al. (2010):** o órgão ambiental de Minas Gerais seguiu rigorosamente a metodologia de coleta de amostras de solo e procedimentos analíticos publicados na Resolução CONAMA nº 420/2009. As amostras de solo foram coletadas em áreas não antropizadas (mata nativa) ou com o mínimo possível de impacto de atividades humanas. Na seleção dos locais, procurou-se representar as variações litológicas e pedológicas da área de estudo (estado de Minas Gerais ou compartimentos da bacia do rio Doce). Os autores escolheram quatro pontos em torno do ponto previamente selecionado, a uma distância de cerca de 3 a 5 metros na direção dos pontos cardiais (N, S, L, O). A vegetação, a serrapilheira e as folhas mortas foram removidas, mas evitaram raspar a superfície do solo. Em seguida, foram coletadas quatro amostras simples de solo (cerca de 400 g cada) na camada de 0 a 20 cm. Em um recipiente plástico previamente limpo, procedeu-se a homogeneização das amostras para obtenção de amostra composta. As amostras compostas foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados. Para abertura das amostras de solo foi adotado o método USEPA SW-846 3051A (USEPA, 2007), que promove a solubilização ácida parcial da amostra em forno de micro-ondas, utilizando os ácidos nítrico (HNO_3) e clorídrico (HCl) concentrados. Os detalhes da etapa de abertura das amostras de solo foram: subamostras de 0,5 g de solo foram transferidas para tubos de teflon na presença de 9 mL de HNO_3 concentrado e 3 mL de HCl concentrado. Os tubos foram selados e mantidos em forno de micro-ondas por 5 min e 30 seg para atingir a temperatura de rampa de 175 °C; essa temperatura foi mantida por um período adicional de 4 min e 30 seg (USEPA, 2007). Após o período de reação, aguardou-se o tempo necessário para o equilíbrio térmico dos frascos à temperatura ambiente. Em seguida, os tubos foram abertos, em capela com sistema para exaustão de gases, e os extratos foram filtrados para balões de PFA (BRAND®), completando-se o volume para 50 mL com água ultrapura (18 mS cm^{-1}). Após homogeneização, a solução foi armazenada em frasco plástico previamente limpo e refrigerador a 4 °C até a análise. A determinação dos teores de Ag, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Sr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V e Zn foi realizada em espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplada (ICP-OES). Sb, As, Hg e Se foram dosados por geração de hidretos, utilizando separador gás-líquido (Perkin Elmer) acoplado a ICP (HG-ICP/OES) ou a Absorção Atômica (AAS- HG);
2) **Pacheco (2015):** esse autor avaliou a contaminação em solos e sedimentos da bacia hidrográfica do Rio Doce por EPTs e a relação com o fundo geoquímico natural, ou seja, amostragem dos solos em período anterior ao desastre do rompimento da barragem de Fundão. Foram realizadas coletas no formato de seções transversais ao longo dos 853 km da calha do rio Doce. Foram coletados solos na parte alta da paisagem, solos de várzea, caracterizados pelos Neossolos Flúvicos (RY), além de sedimentos na calha e nas margens esquerda e direita do rio. Nessas amostras de solo, foram realizadas caracterizações físicas, de fertilidade, determi-

nação dos teores de EPTs (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Ba, Hg e Pb) por fluorescência de raios X, caracterização mineralógica da fração argila por difratometria de raios X, microscopia eletrônica de transmissão, suscetibilidade magnética e espectroscopia de absorção de raios X pela radiação sincrotron. Foram amostrados 11 perfis para os solos de várzea (Neossolos Flúvicos) e 11 perfis para os solos de parte alta da paisagem (terras altas – com amostragem nas diversas classes de solos existentes na bacia do rio Doce em áreas de preservação permanente com floresta secundária –, Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos e Cambissolos). Os pontos selecionados para a coleta de sedimentos seguiram as principais cidades e a foz de alguns dos afluentes do rio Doce ao longo de sua calha principal. Para cada ponto foram coletadas duas amostras de sedimento no perfil transversal do rio (margem esquerda e direita), totalizando 12 seções e 32 pontos amostrais. Os locais coletados em Minas Gerais foram nos municípios do Rio Doce, na foz do Rio Casca, Ipatinga, Naque, Periquito, Governador Valadares e Resplendor; no Espírito Santo foram nos municípios de Baixo Guandu, Colatina, Linhares e Regência. A partir dos dados de Pacheco (2015) foram calculadas médias, valores máximos e mínimos e os dados foram agrupados por solos localizados nas partes altas da paisagem (terras altas), solos de várzea e os sedimentos coletados nas calhas dos rios. Os resultados produzidos por Pacheco (2015) têm grande potencial de uso, pois representam a situação original do leito do Rio Doce meses antes do desastre. Qualquer valor anômalo dos atributos químicos e físicos dos solos neste trabalho deve ser creditado à influência de outras atividades antrópicas na região e não ao derramamento dos rejeitos. Os teores totais de elementos majoritários (Fe, Al, Si, Ti e Mn), como também dos EPTs (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Ba, Hg e Pb) foram determinados por espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (SPECTRO XEPOS – AMETEK) com radiação de Molibdênio;

3) **CPRM (2016):** as amostras de solo coletadas no horizonte B, preferencialmente em perfis expostos, foram peneiradas e acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas. No laboratório, as amostras foram secas em estufa a 50 °C, homogeneizadas e peneiradas a 80 mesh. Depois, foram pulverizadas a 150 mesh. As amostras foram digeridas com água régia a quente. Os detalhes dos procedimentos da água régia foram extraídos de Berrow e Stein (1983), pois no relatório da CPRM não consta esses detalhes: subamostras de 0,5 g de solo são pesadas em tubos de digestão de vidro. Após a adição de 1,0 mL de HNO_3 concentrado, os tubos são mantidos em um bloco digestor por 15 min a 110 °C. Os tubos são removidos do bloco e deixados para arrefecer durante 10 min. Após a adição de 3 mL de HCl concentrado, os tubos são recolocados no bloco a 110 °C durante 10 min e após aumentos progressivos da temperatura, os tubos são mantidos no bloco durante 1 h a 130 °C. Por fim, os tubos são removidos do bloco para resfriamento final. Após a abertura das amostras, procedeu-se a leitura de 54 elementos (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Yb, Zn e Zr). O método analítico empregado foi a Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma (ICP-OES), e Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS);

4) **Golder Associates (2017):** a caracterização da composição de EPTs da amostra foi um processo de duas etapas, que inclui uma digestão ácida para liberar os elementos na fase de solução, seguida da análise dos elementos no extrato digerido (Resolução CONAMA nº 420/2009), com exceção do Hg, a análise elementar foi feita conforme o Método USEPA 3050B (USEPA, 1996a) na fração granulométrica < 2 mm. O Hg foi analisado por meio de vapor frio após digestão em água régia.

Como resumo e conclusão do que foi apresentado sobre os métodos e a equivalência dos métodos para análise integrada dos dados dos diferentes trabalhos compilados, pode-se afirmar que: FEAM et al. (2010) (teores pseudototais) – abertura das amostras pelo método EPA 3051A (9 mL de HNO_3 concentrado e 3 mL de HCl concentrado em forno de micro-ondas) e leitura dos elementos por ICP-OES; Pacheco (2015) (teores totais) – método físico por espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva; CPRM (2016) (teores pseudototais) – abertura da amostra pela água régia (3 mL de HCl e 1 mL de HNO_3 em sistema aberto) e leitura dos elementos por ICP-OES; Golder Associates (2017) (teores pseudototais) – abertura das amostras pelo método EPA 3051A (9 mL de HNO_3 concentrado e 3 mL de HCl concentrado em forno de micro-ondas) e leitura dos elementos por ICP-OES. O método EPA 3051A estima os teores pseudototais de elementos, pois não há o emprego de ácido fluorídrico (HF) na extração. A extração total dos minerais silicatados só ocorre com o emprego de HF concentrado. De acordo com Melo et al. (2016), o método EPA 3051A remove completamente os óxidos de Fe (principalmente hematita e goethita), óxidos de Al (principalmente gibbsita) e ataca parcialmente os minerais aluminossilicatados (remoção das menores partículas e aquelas de baixa cristalinidade de caulinita (mineral 1:1) e esmectita (mineral 2:1)). Na definição do método 3050B e 3051A, consta o seguinte texto:

> este método não consiste de uma técnica de digestão total para a maioria das amostras. Trata-se de uma digestão ácida muito forte que dissolverá quase todos os elementos que poderiam se tornar 'ambientalmente disponíveis'. O método foi concebido para que elementos ligados em estruturas de silicatos não sejam normalmente dissolvidos por este procedimento, uma vez que eles normalmente não apresentam mobilidade no meio ambiente.

O método físico pela fluorescência de raios X empregado por Pacheco (2015) é muito prático e rápido e estima os teores totais de EPTs. De maneira análoga ao método EPA 3051A, a água régia empregada por CPRM (2016) preferencialmente dissolveu óxidos de Fe e Al, enquanto a dissolução da caulinita é limitada às partículas mais finas, menores e de menor cristalinidade (MELO et al., 2016). Com base nos dados produzidos por Melo et al. (2016), há forte equivalência nos teores de EPTs extraídos pelos métodos EPA 3051A, água régia (teores pseudototais) e teores totais pelo método EPA3052 (uso de HF) (USEPA, 1996b). Essas conclusões permitem analisar de forma integrada os dados produzidos por FEAM et al. (2010), CPRM (2016) e Golder Associates (2017). Trabalhos de comparação de métodos também têm mostrado a estreita equivalência entre a determinação dos teores totais de EPTs por digestão fluorídrica (EPA 3052) e por fluorescência de raios X. Portanto, pode-se incluir com segurança na avaliação integrada os dados produzidos por Pacheco (2015). A ocorrência de EPTs na estrutura de minerais aluminossilicatados é extremamente limitada devido à incompatibilidade de raios iônicos dos EPTs com o Si, o que dificulta, sobremaneira, a substituição do Si por EPTs na estrutura dos minerais (MELO et al., 2016).

O banco de dados de mineralogia foi composto por perfis e amostras de solo oriundas de Benedetti et al. (2008), Pacheco (2015) e Golder Associates (2017). Destaca-se que as únicas amostras que são posteriores ao desastre são as amostras de Golder Associates (2017). Esse banco possui um número total de 228 amostras, com os teores dos seguintes óxidos: SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, MnO_2, P_2O_5, Ki e Kr (Ki e Kr – índices para estimar o grau de intemperismo do solo, que levam em consideração as relações molares de SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3 da fração argila).

A discussão da pertinência da avaliação integrada dos teores totais e pseudototais de elementos para a mineralogia se assemelha às comparações já realizadas para os teores de EPTs. Nesse sentido, já foram analisados os trabalhos de Pacheco (2015) e Golder Associates (2017). A única diferença está na forma de apresentação dos elementos. Por artifício matemático usando a relação de pesos atômicos transforma-se, por exemplo, teores totais ou pseudototais de Fe em Fe_2O_3; contudo, os dados originais são os mesmos. Benedetti et al. (2008) compilou dados de diversas pesquisas que utilizaram a digestão sulfúrica das amostras de solo para estimar os teores totais de elementos. Os detalhes da extração sulfúrica são apresentados a seguir: foram pesados 1 g de TFSA em recipientes de teflon. Adicionou-se 20 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluído na proporção 1:1 fervendo durante meia hora, em sistema fechado, para evitar evaporação excessiva. Após esfriar, adicionou-se 50 mL de água e filtrou para balão aferido de 250 mL, lavando o resíduo com água até completar o volume (EMBRAPA, 1997). O filtrado foi guardado para leitura elementar posterior. Para determinação dos teores totais de Si, o resíduo retido no papel de filtro foi passado com auxílio de pisseta para erlenmeyer de 250 mL. Foram adicionados 4 mL de solução NaOH a 30% e os erlenmeyers foram colocados em placa elétrica até início de fervura. Após esfriar, todo o resíduo foi transferido para balão de 200 mL e completou-se o balão com água deionizada. A suspensão resultante foi filtrada e o extrato límpido foi recolhido em recipiente plástico (EMBRAPA, 1997). Com os filtrados obtidos foram determinados, por espectroscopia de absorção atômica (EAA), os teores totais de Fe, Al, Mn e Si. Como o ataque sulfúrico solubiliza preferencialmente minerais da fração argila, pode-se concluir que esse método se aproxima da capacidade de extração do método EPA 3051A (nulidade de extração de silicatos, como quartzo nas frações areia e silte).

O banco de dados da física do solo foi composto por perfis e amostras de solos oriundos de Benedetti et al. (2008), FEAM et al. (2010), Pacheco (2015), UFV (2017), Golder Associates (2017) e Emater-MG (FUNDAÇÃO RENOVA, 2018). Destaca-se que as únicas amostras que são posteriores ao desastre são as amostras de Golder Associates (2017) e Emater-MG (FUNDAÇÃO RENOVA, 2018). Esse banco possui um número total de 668 amostras e os parâmetros disponíveis são composição granulométrica (areia total, areia fina, areia grossa, silte e argila) – conforme escala granulométrica adotada pelo Sistema Brasileiro de Ciência do Solo (SBCS, 2016) –, argila dispersa em água (ADA), grau de floculação e densidade de partícula (DP), além da cor do solo conforme a carta colorimétrica de Munsell (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 1950). Os dados granulométricos oriundos da Golder Associates (2017) tiveram que ser corrigidos, uma vez que esses autores incluíram as porcentagens de cascalho na fração total. Dessa forma, foi adotada a fração total da terra fina como o somatório único e exclusivo de areia grossa, areia fina, silte e argila, conforme a escala adotada da SBCS (2016).

Existem dois métodos básicos para a análise textural de amostras de solo e sedimentos: método do densímetro e método da pipeta (EMBRAPA, 1997). A correlação entre os dados produzidos

por esses dois métodos é elevada e a escolha do método é meramente operacional. O método do densímetro é mais prático e rápido. Portanto, no presente relatório foi feita a integração dos dados texturais produzidos por diferentes autores. Os demais métodos de análises físicas também seguiram as recomendações da Embrapa (1997): Argila Dispersa em Água (ADA), grau de floculação e Densidade de Partícula (DP).

Destaca-se que, para cada parâmetro, em cada um dos bancos de dados há um número diferente de dados disponível, uma vez que cada autor analisou um número específico de parâmetros.

Os dados nos bancos de dados foram segregados em duas profundidades de coleta: 0-20 cm e > 20 cm. As amostras coletadas a profundidades superiores a 20 cm foram agrupadas e no banco de dados estas foram identificadas como 20+ cm. Caso houvesse subdivisões até a camada de 20 cm, foi feita a média dos dados e a amostra classificada como 0-20 cm. Já as amostras coletadas por horizonte que extrapolaram a profundidade de 20 cm foram classificadas como 20+ cm (por exemplo, amostra coletada no horizonte A com 40 cm de espessura).

Os bancos de dados elaborados em planilha eletrônica para a bacia do rio Doce foram analisados de forma exploratória com o uso do algoritmo K-Means, implementado na ferramenta de análise agrupamento (*Grouping Analysis*) disponível no ArcGis 10.6®. A análise objetivou agrupar, para cada banco de dados, os pontos de coleta que possuíam valores similares para os parâmetros selecionados. Essa análise prévia foi importante para retirar a subjetividade de formação de grupos de solos em função da posição no relevo da bacia do rio Doce (por exemplo, solos de terras altas, solos de várzea, solos do Quadrilátero Ferrífero etc.). Essa mesma separação estatística de grupos de solos foi usada na apresentação final dos dados de linha de base na forma de análise de *boxplot*. Em cada uma das bases de dados, as variáveis que possuíam no mínimo 75% das observações preenchidas foram selecionadas para serem mantidas no estudo. Esse procedimento foi adotado para amenizar o fato de que, se um ponto de coleta possui um ou mais parâmetros com dados ausentes, ele é excluído, pois não é possível calcular a dissimilaridade entre ele e os outros pontos. Além disso, o ArcGis ignora os pontos de amostras que não possuem coordenada (por exemplo: os dados da Emater de fertilidade dos solos). Para definição do número de grupos foram feitos dendrogramas que indicaram, para cada uma das bases de dados, a quantidade de grupos similares a serem considerados. Com base nos resultados dos dendrogramas, foram selecionados os grupos que apresentaram melhor interpretação prática.

Após a análise de agrupamentos, os bancos de dados foram analisados para obter informações detalhadas a respeito dos pontos de amostragem em relação a: altimetria de cada um dos pontos; unidades geológicas; unidades de planejamento; se os pontos estavam contidos no limite do QF; se os pontos estavam na bacia de Candonga; e em qual bacia esses dados se encontravam distribuídos, se na bacia do rio Gualaxo do Norte, na bacia do rio do Carmo até a foz do rio Gualaxo do Norte, na área incremental do rio do Carmo (entre a foz do rio Gualaxo do Norte até a foz do rio Piranga), na bacia do rio Piranga ou se na área incremental da bacia do rio Doce (entre a foz do rio do Carmo com o rio Piranga até barragem de Candonga). Foram utilizados o modelo digital de elevação na resolução de 10 x 10m da ANA (2016), o *shapefile* de unidades geológicas na escala 1:250.000 (IBGE, 2018), as unidades do planejamento hídrico (ANA, 2016) da bacia do rio Doce (D01 a D07) e o limite do QF. Esses limites foram obtidos a partir da base de dados de Lobato et al. (2005), na escala 1:50.000, dados de Alkmim

e Marshak (1998) e bacias hidrográficas obtidas a partir das ottobacias (ANA, 2018), de forma a extrair cada valor ou atributo em cada coordenada dos bancos de dados.

Além dessas informações, foi criado um campo nos bancos de dados denominado de paisagem, ou seja, se os pontos amostrados eram localizados na paisagem em terras altas ou nas várzeas. Foi utilizada a classificação de solos dos próprios autores em cada um dos pontos dos bancos de dados. Para essa denominação foi adotado como solos de várzeas aqueles classificados como Neossolos Flúvicos, Cambissolos Flúvicos e Gleissolos, enquanto os solos de terras altas foram classificados como Neossolos, Latossolos, Cambissolos, Argissolos e Nitossolos. Destaca-se que para os pontos amostrados por Gonçalves (2009) não há classificação de solo, mas foi realizada uma aproximação da classe dos solos a partir da informação existente sobre o nível do lençol freático. Nessa aproximação foram adotados como solos de várzea aqueles em que o nível do lençol freático era igual ou inferior a 1,0 m da superfície do solo. Os solos onde o nível do lençol freático era superior a 1,0 m foram considerados pertencentes às terras altas. Essa nomenclatura referente à paisagem foi adotada para os pontos que se encontravam no limite do QF e para os pontos que estavam na bacia de Candonga. Para os pontos fora desses limites e bacias foram considerados somente como solos de várzea.

Dessa forma, a composição da linha-base para fertilidade, EPTs, mineralogia e física foi realizada a partir do agrupamento das variáveis por banco de dados. Com base nessas informações foi realizada a seleção dos pontos que ocorrem: no QF; QF na bacia de Candonga; na bacia de Candonga (fora do QF); e na seleção dos demais pontos que ocorrem na bacia do rio Doce, entre Candonga até a foz no rio Doce, sendo selecionados para essa porção somente os solos de várzeas.

A partir dessa seleção, foram geradas figuras para cada um dos parâmetros existentes nos bancos de dados. Os resultados foram plotados de forma a diferenciar cada uma das quatro regiões destacadas anteriormente (QF, fora de QF na bacia de Candonga, bacia de Candonga e demais bacias do rio Doce), separando-se somente os pontos de terras altas e de várzeas na bacia de Candonga. Em todas as regiões foram separadas as amostras da camada superficial (0-20 cm) das mais profundas (20+ cm).

3.1.4 RESULTADOS

3.1.4.1 Análise de agrupamentos para definir a formação de grupos em relação à localização na paisagem

A análise de dendrograma realizada com cada um dos bancos de dados de fertilidade, EPTs, física do solo e mineralogia permitiu indicar o número de grupos similares entre os pontos de cada um dos bancos, sendo utilizados três grupos para os bancos da fertilidade e física do solo e quatro grupos para os bancos de EPTs e mineralogia. Os resultados dos dendrogramas estão disponíveis no Apêndice E deste documento. A partir da determinação dos números de grupos, foi realizada a análise de agrupamentos para cada um dos bancos de dados, utilizando as variáveis que apresentavam pelo menos 75% dos pontos com dados, de modo a permitir o cálculo da dissimilaridade entre grupos. As variáveis utilizadas para agrupamento foram: pH em água, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB (soma de bases), t (capacidade de troca catiônica efetiva), T (capacidade de troca catiônica a pH 7), V (saturação por bases), m (saturação por alumínio) e CO (carbono orgânico) (para fertilidade); B, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb,

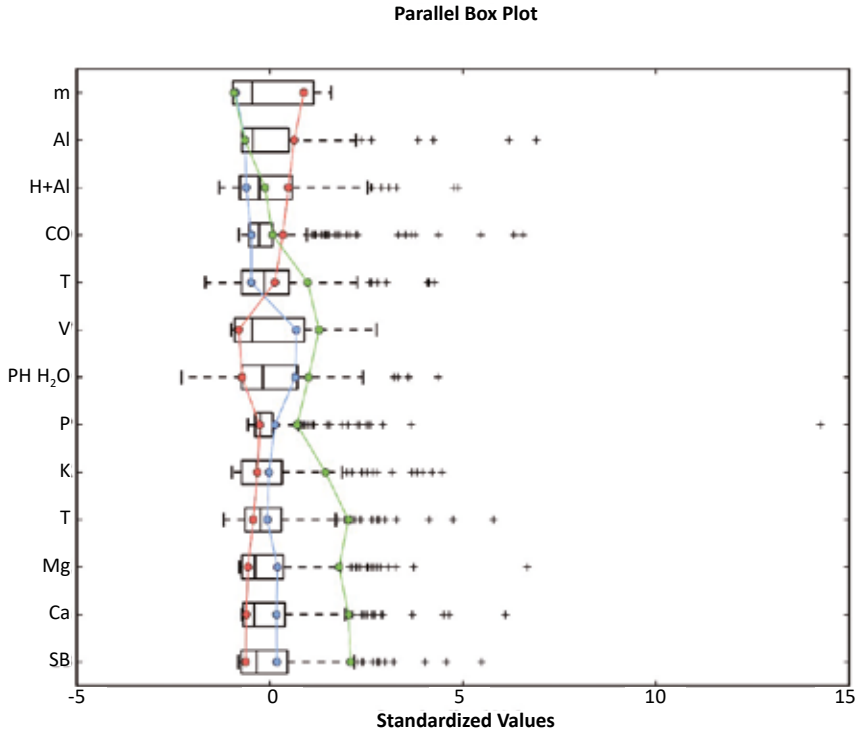
V, Zn, As (para EPTs); areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila (para física); e SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3 (para mineralogia). A escala granulométrica adotada para diferenciar areia grossa, areia fina, silte e argila foi adotada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2016), sendo esta equiparável à da norma NBR 6502 (ABNT, 1995).

A análise de agrupamentos realizada para o banco de dados de fertilidade do solo permitiu agrupar as amostras em três grupos a partir dos resultados do dendrograma. Cada grupo foi unificado conforme as características que são apresentadas de forma resumida na Figura 70. Os retângulos representam o *boxplot* de todos os dados disponíveis da variável em análise, sendo o retângulo composto por 50% dos dados (quartil 25 a quartil 75%). As linhas em preto representam o limite superior e inferior do *boxplot* e as cruzes representam os valores atípicos ou *outliers*. Os pontos pertencentes a cada linha representam o valor médio de cada grupo, sendo esse valor calculado pela ferramenta do Arcgis. Os valores médios de variável de cada grupo são apresentados no Apêndice F. Para representar melhor as diferenças entre grupos, foram padronizadas para cada variável os seus valores, sendo obtida a média dos dados da variável e dividido pelo desvio-padrão (Figura 70). As linhas em azul, vermelho e verde representam os grupos 1, 2 e 3 respectivamente. Além da obtenção das características de cada grupo, foi plotada a localização dos pontos pertencentes a cada grupo, permitindo uma melhor visualização da localização geomorfológica de cada grupo na bacia do rio Doce (Figura 71). Os pontos pertencentes ao grupo 1 (Figura 70), na cor azul, representam os solos na sua maioria nas porções de várzea, às margens dos rios (Figura 71). Dessa forma, os solos de várzea possuem valores mais baixos de saturação por alumínio (m%), menores teores de carbono orgânico (CO) e de capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T) (Figura 70). Para as variáveis saturação de bases (V), pH em água, K, Mg, Ca, e soma de bases, as amostras do grupo 1 ficaram próximas ao limite do quartil de 75% dos dados analisados para a bacia do rio Doce. Para essas variáveis, as amostras do grupo se posicionaram intermediariamente entre os grupos 2 e 3. Os grupos 2 e 3 ocorrem na bacia do rio Doce de maneira bem distribuída (Figura 71), podendo ser associados às características naturais de solos de terras altas. Destaca-se que a fertilidade do solo é uma característica facilmente mutável ao longo tempo e do espaço, ocorrendo variações devido ao manejo realizado pelas atividades agrícolas e pelas variações dos fatores climáticos de cada área.

Para as terras altas, existem dois grupos distintos: em vermelho (grupo 2) – solos muito ácidos de baixa fertilidade, identificados por apresentar baixos valores de pH, bases trocáveis – SB (Ca, Mg e K) e V%, CTC efetiva (t) e elevados teores de Al trocável (H + Al), e m%. Ainda, apresentam baixa disponibilidade de P, o que é característico de solos muito intemperizados. Os níveis de nutrientes desses solos são considerados de baixo a muito baixo, com baixo pH e altos níveis de toxidez de Al, para a maioria das plantas agrícolas; em verde (grupo 3) – solos com características opostas ao grupo 2, ou seja, solos de média a alta fertilidade (terras altas). Os teores de Ca, Mg, P e K nesse grupo estão em faixa considerada adequada para o crescimento da maioria das plantas agrícolas, com pH e parâmetros associados (Al, m e V%) também em condição adequada para plantas agrícolas.

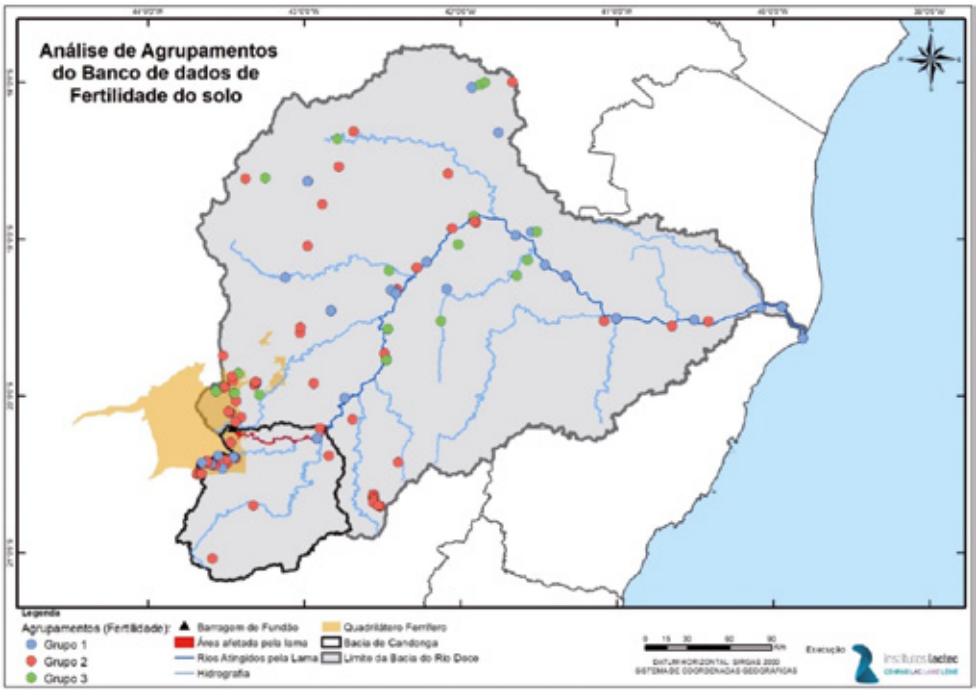
As diferenças entre os grupos 2 e 3 podem estar relacionadas ao material de origem ou grau de intemperismo. Existe, ainda, a possibilidade de que parte dos solos do grupo 3 tenha recebido corretivos da acidez e fertilizantes. Como o teor de CO **é** próximo entre os dois grupos, é provável que o grupo 3 tenha maior teor de argila e/ou argila de alta atividade (característico de solos pouco intemperizados).

Figura 70 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de fertilidade.



Nota: Cada uma das linhas representa os grupos que foram obtidos pelos agrupamentos e os valores que foram utilizados para agrupar cada uma das variáveis (eixo vertical). No eixo horizontal, os valores foram padronizados pela média/desvio-padrão da variável em análise. As cores em azul, vermelho e verde representam os grupos 1, 2 e 3 respectivamente.

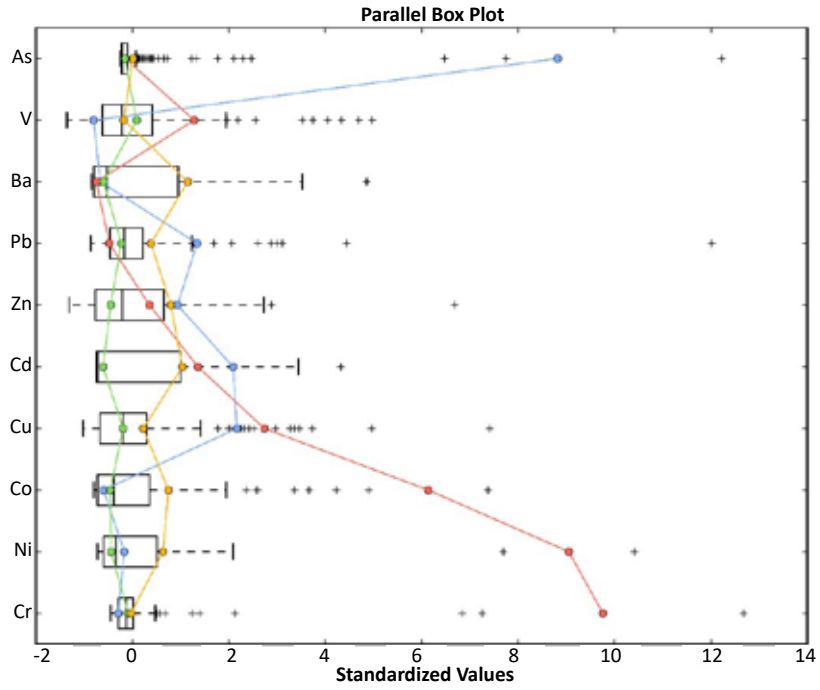
Figura 71 – Análise de agrupamentos do banco de dados de fertilidade do solo para composição da linha-base.



Nota: As cores dos pontos indicam os grupos similares entre si (ver Figura 70).

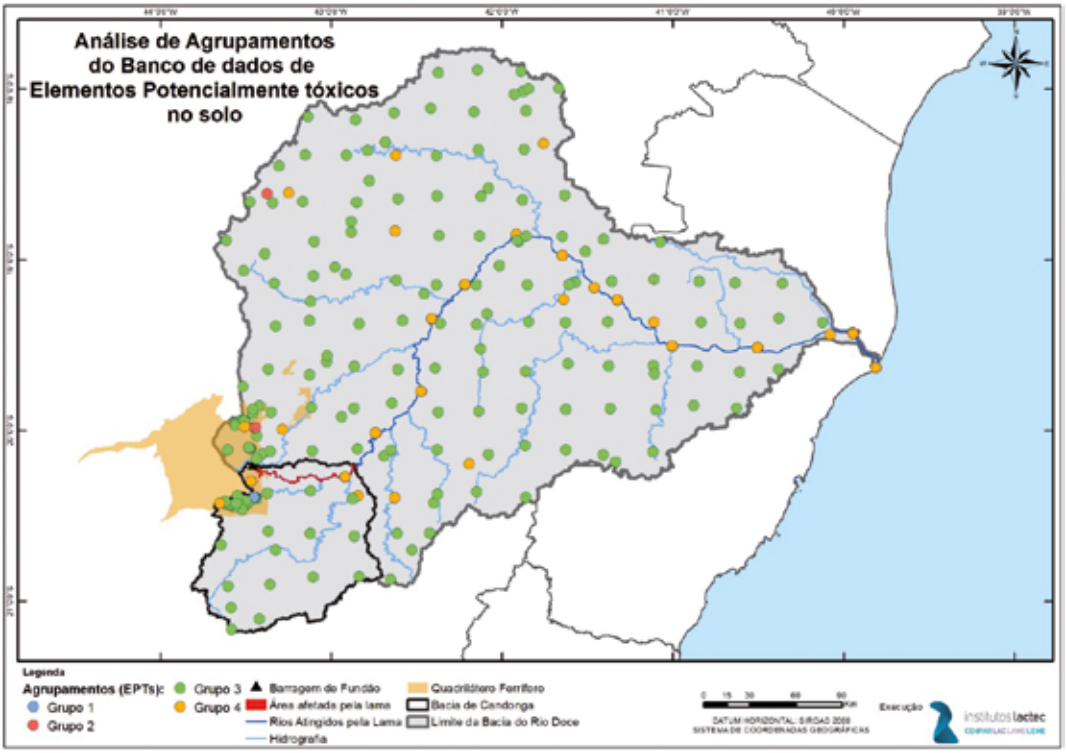
A análise de agrupamentos para o banco de dados de EPTs permitiu obter quatro grupos com características peculiares, com destaque aos grupos 1, 2 e 4, representados pelas cores azul, vermelho e alaranjado, respectivamente (Figura 72). O grupo 1 (cor azul) apresenta como característica principal os maiores teores de As na bacia do rio Doce. Esses pontos estão localizados na região do QF, na bacia do rio do Carmo (Figura 73). O grupo 2 (cor vermelha) apresenta como característica os maiores teores entre os demais grupos para V, Cu, Co, Ni e Cr, ocorrendo um ponto no QF na bacia do rio Piracicaba e outro a noroeste da bacia do rio Doce. Já o grupo 4 (cor alaranjada) possui, para a maioria das variáveis analisadas, os teores próximos ao limite do quartil de 75% dos dados analisados para a bacia do rio Doce (Figura 72). A localização das amostras do grupo 4 acompanha de forma sistemática a várzea do rio Doce, por isso esse grupo de amostras foi denominado como solos de várzea. A existência do grupo 4 sugere que os solos de várzea tenham grande influência do material de origem a montante (possivelmente oriundo do QF), tanto em função do processo natural erosivo quanto devido à ação antrópica de mineração no passado.

Figura 72 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs).



Nota: Cada uma das linhas representa os grupos que foram obtidos pelos agrupamentos e os valores que foram utilizados para agrupar cada uma das variáveis (eixo vertical). No eixo horizontal, os valores foram padronizados pela média/desvio-padrão da variável em análise. As cores em azul, vermelho, verde e alaranjado representam os grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

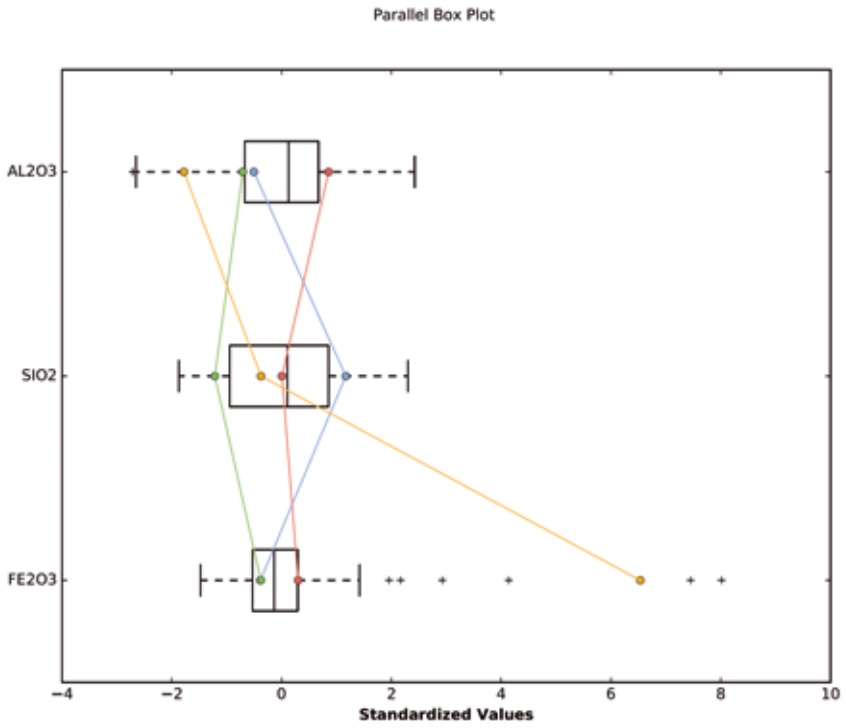
Figura 73 – Análise de agrupamentos do banco de dados de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) no solo para composição da linha-base.



Nota: As cores dos pontos indicam os grupos similares entre si (ver Figura 72).

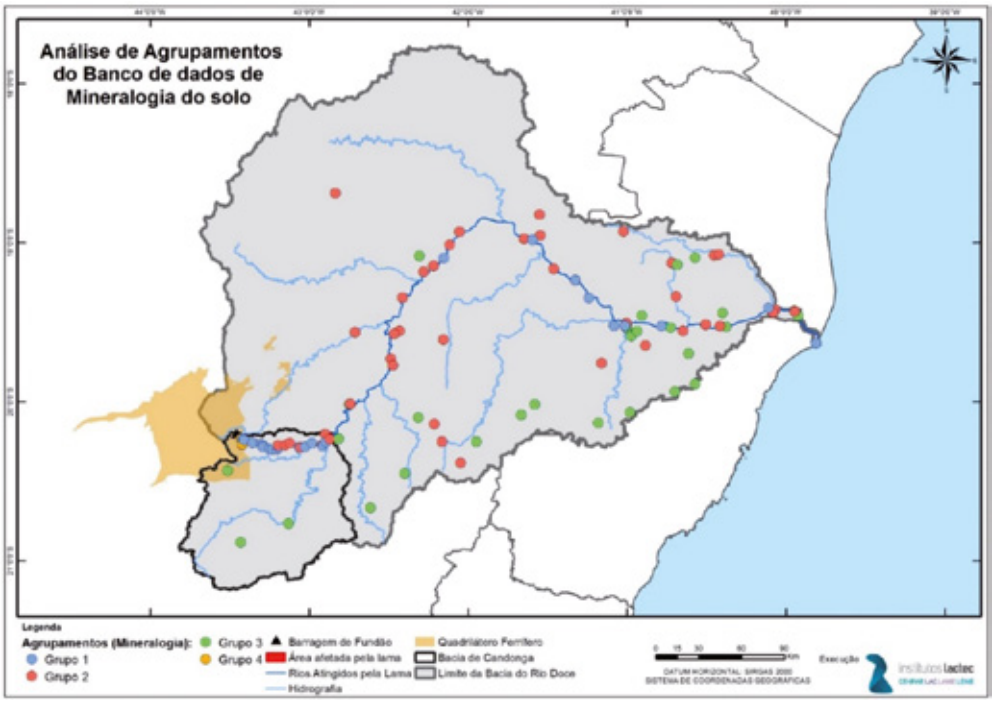
A análise de agrupamentos para as variáveis do banco de dados de mineralogia permitiu também agrupar 4 grupos, com destaque aos grupos 1, 2 e 4, representados pelas cores azul, vermelho e alaranjado, respectivamente (Figura 74). O grupo 4 apresenta como caraterística principal os maiores teores de óxido de ferro (Fe_2O_3), com pontos ocorrendo na região do QF e na bacia do rio Gualaxo do Norte (Figura 75). A maior concentração de Fe era esperada, em função do predomínio do itabirito, com abundância de magnetita e hematita em sua composição. Os solos dos grupos 1 e 2 ocorrem próximo aos corpos hídricos (solos de várzea), em especial ao rio Doce. Os solos do grupo 2 apresentam teores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 próximo ao quartil de 75% dos dados da bacia, e os solos do grupo 1 apresentam o teor de SiO_2 mais elevados e próximo ao quartil de 75% dos dados da bacia.

Figura 74 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de mineralogia.



Nota: Cada uma das linhas representa os grupos que foram obtidos pelos agrupamentos e os valores que foram utilizados para agrupar cada uma das variáveis (eixo vertical). No eixo horizontal, os valores foram padronizados pela média/desvio-padrão da variável em análise. As cores em azul, vermelho, verde e alaranjado representam os grupos 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

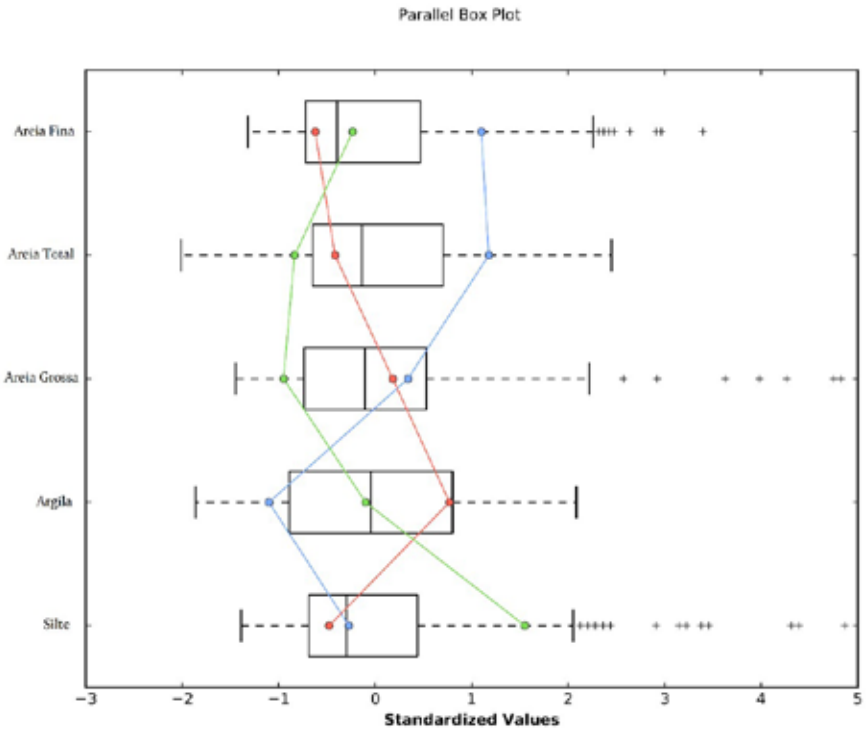
Figura 75 – Análise de agrupamentos do banco de dados de mineralogia do solo para composição da linha-base.



Nota: As cores dos pontos indicam os grupos similares entre si (ver Figura 74).

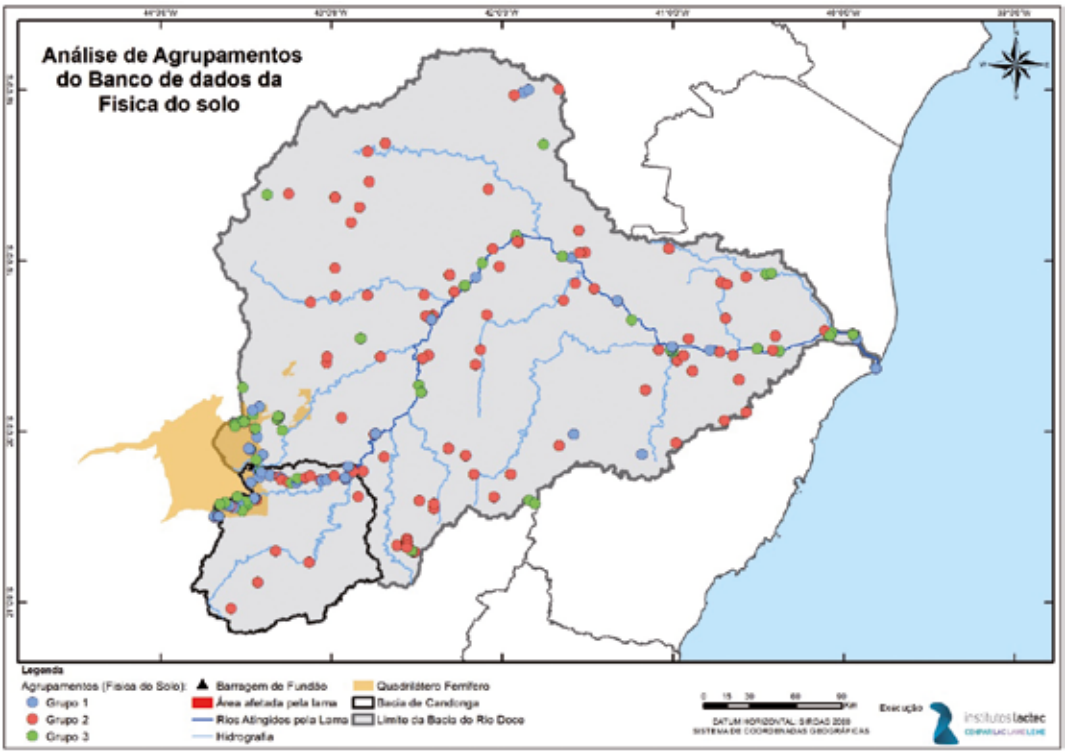
A análise de agrupamentos para as variáveis do banco de dados de física do solo (granulometria) permitiu agrupar as amostras em 3 grupos, com destaque aos grupos 1 e 3, representados pelas cores azul e verde, respectivamente (Figura 76). Destaca-se o grupo 1, composto por teores mais altos de areia fina, areia grossa e areia total, e com teores mais baixos para a argila. A ocorrência principal dessas amostras é próxima aos corpos hídricos, ao longo do rio Doce (solos de várzea) e ao QF (Figura 77). O grupo 3 também ocorre próximo aos corpos hídricos, entretanto possui teores mais elevados para silte e argila quando comparado com o grupo 1. Maiores teores de silte ou de areia representam solos menos intemperizados e/ou de origem sedimentar, como os solos aluviais dos rios da região. O somatório de areia mais silte (frações de muito baixa atividade em termos químicos) fica em torno de 64 e 84% para os grupos 3 e 1, respectivamente. Tal fato pode ser um dos motivos do baixo teor de MO dos solos de várzea e baixa CTC dos mesmos. A presença dos grupos 1 e 3 no QF também está sujeita à influência direta do itabirito em área de alta declividade. Isso propicia a presença de solos jovens, com elevado teor de silte e areia. O grupo 2, representado pela cor vermelha, possui os maiores teores de argila, sendo esses pontos característicos de solos de terras altas, ocorrendo de maneira bem distribuída ao longo da bacia do rio Doce (Figura 77).

Figura 76 – Resultado da análise de agrupamentos para composição dos grupos similares do banco de dados de física do solo.



Nota: Cada uma das linhas representa os grupos que foram obtidos pelos agrupamentos e os valores que foram utilizados para agrupar cada uma das variáveis (eixo vertical). No eixo horizontal, os valores foram padronizados pela média/desvio-padrão da variável em análise. As cores em azul, vermelho e verde representam os grupos 1, 2 e 3 respectivamente.

Figura 77 – Análise de agrupamentos do banco de dados da física do solo para composição da linha-base.



Nota: As cores dos pontos indicam os grupos similares entre si (ver Figura 76).

Devido às diferenças observadas a partir das análises de agrupamentos realizadas para cada uma das bases de dados (fertilidade, EPTs, mineralogia e física do solo), evidencia-se a necessidade de divisão das amostras em grupos quanto à localização geográfica e à posição relativa na paisagem para melhor definição da linha de base, como se segue: grupo de solos do QF, grupo de solos de várzea e grupo de solos de terras altas.

3.1.4.2 Linhas de base por grupo de amostras em relação à posição geográfica e localização na paisagem

Com base na análise exploratória realizada para os dados da bacia do rio Doce a partir da análise de agrupamento, foram selecionados os pontos para a composição da linha-base para caracterizar os solos que foram atingidos pelo desastre ocasionado pelo rompimento da barragem de Fundão. Buscou-se inicialmente os pontos localizados na área afetada pela deposição de rejeitos a partir da delimitação do polígono da Área de Passagem e Deposição da Lama (APDL), o qual foi elaborado pelo Lactec, a partir da análise de imagens de satélite, sendo esse produto compatível com a escala 1:20.000.

Analisando o banco de dados de fertilidade com base na seleção de pontos a partir do polígono da APDL, existe um único ponto amostrado antes do desastre, contendo nove amostras (Pacheco, 2015). As amostras de Pacheco (2015) não estão exatamente no polígono da lama, uma vez que seus dados geográficos foram obtidos a partir do georreferenciamento da imagem, podendo ocorrer deslocamentos na ordem de dezenas de metros. Esse ponto, portanto, foi classificado como não pertencente à APDL, mas foi considerado pela equipe técnica do Lactec devido à sua classificação como Neossolo Flúvico.

Para o banco de dados de EPTs e mineralogia, foram encontrados 12 pontos pertencentes à área do polígono da lama. Entretanto, esses pontos foram coletados após o período do desastre pela Golder Associates (2017). Destaca-se que esses pontos (S04, S07, S12, S13, S16, S17, S18, S20, S24, S28, S34 e S38, nomes originais do autor) estavam declarados como pontos coletados fora da área afetada pela lama (GOLDER ASSOCIATES, 2017); entretanto, ao usar o polígono delimitado pelo Lactec, essas amostras se posicionaram dentro da área afetada. Devido à dúvida existente sobre a localização, os pontos da Golder Associates (2017) foram excluídos da análise de linha-base. Dessa forma, para o banco de EPTs e mineralogia, não há dados disponíveis sobre EPTs na área afetada pela lama.

Para o banco de dados da física do solo, também não há pontos ou amostras pertencentes à área compreendida exatamente no polígono da lama. Os únicos dados existentes são os mesmos pontos encontrados para os bancos de dados de EPTs e mineralogia do solo, que são pontos pós-desastre e que caem na área afetada pela lama, com exceção ao ponto S04, que não possui dados da física do solo (GOLDER ASSOCIATES, 2017).

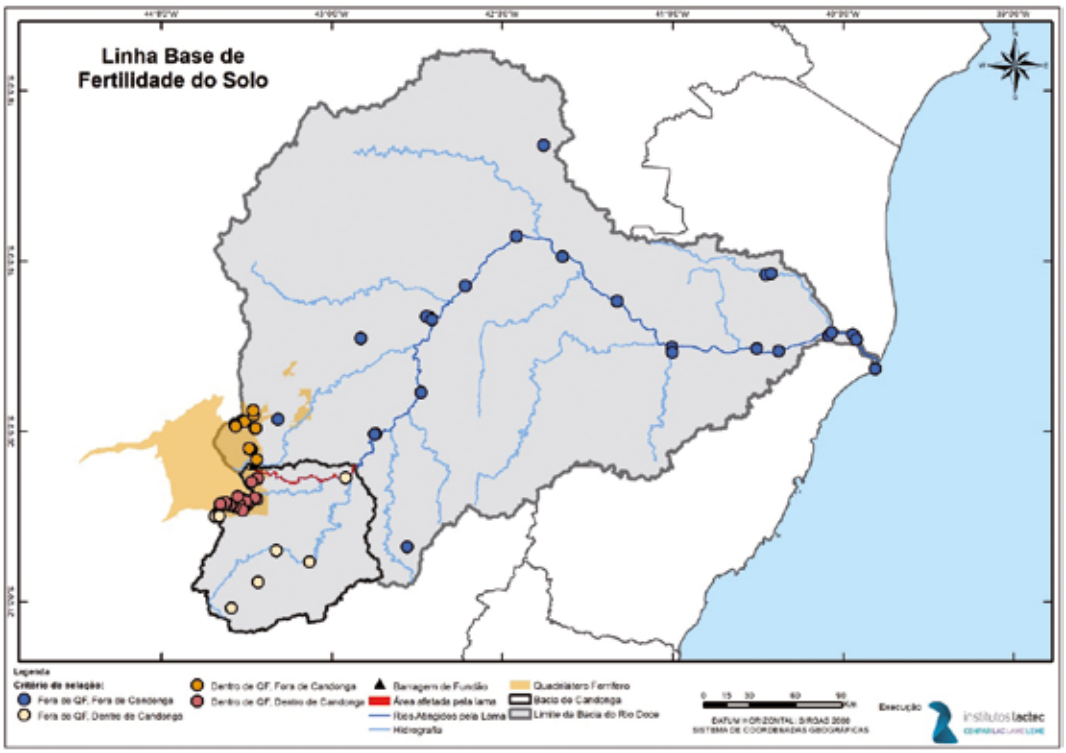
Assim, o critério de seleção idealizado inicialmente, com base na seleção de pontos na área afetada pela lama, teve que ser revisto devido à inexistência de informações para os bancos de EPTs, mineralogia e física do solo. Para o banco de dados de fertilidade, apenas nove amostras eram localizadas na área afetada. Com isso, buscou-se um novo critério de seleção dos pontos a partir dos bancos de dados. Adotaram-se como critérios as informações obtidas a partir da análise de agrupamentos discutidos anteriormente:

1) Pertencentes ao polígono do QF e fora da bacia de Candonga;
2) Pertencentes ao QF e dentro da bacia de Candonga;
3) Pertencentes à bacia de Candonga e fora do QF, sendo diferenciados os pontos de solos de várzeas dos pontos de terras altas;
4) Demais pontos situados fora do QF e que não pertencem à bacia de Candonga, sendo selecionados somente os pontos de várzeas.

Para os itens 1 e 2, não foram diferenciados os solos de várzeas dos solos de terras altas. Para todos os pontos selecionados, as amostras foram diferenciadas de acordo com a profundidade, em amostras da camada superficial do solo (0-20 cm) e amostras coletadas em subsuperfície (20+ cm). A partir dessas considerações e critérios adotados, foram gerados os *boxplots* para cada um dos parâmetros de cada banco de dados de fertilidade (pH em água e KCl, P, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, t, T, V, m, CO, P_{rem} e teores disponíveis de Fe, Cu, Mn e Zn), EPTs (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sr, Sb, Se, V, Zn), mineralogia (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3) e física do solo (areia fina, areia grossa, areia total, silte, argila, argila dispersa em água, densidade de partículas e grau de floculação). Nos *boxplots* foram adicionados os números de dados que foram obtidos para cada um dos critérios adotados, sendo que a posição do número da amostra (n) representa a posição da média dos pontos.

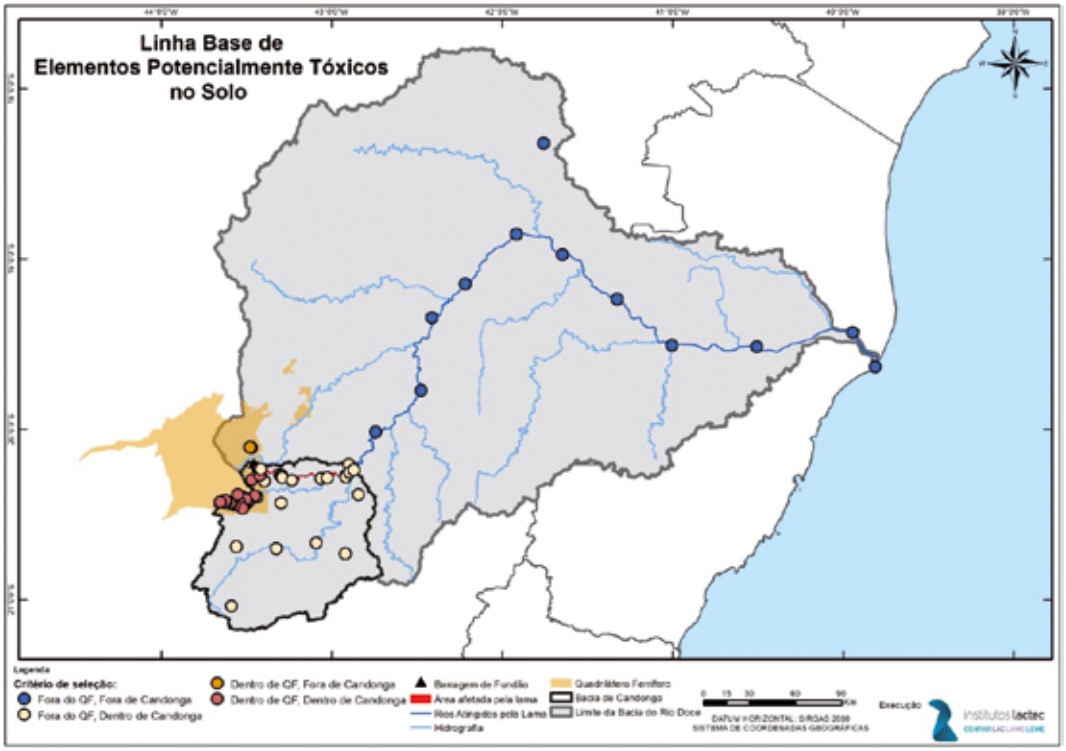
Para a fertilidade do solo, foram obtidas 399 amostras para composição da linha-base. A localização desses pontos é mostrada na Figura 78. Destaca-se que foram incluídos os pontos da Emater-MG (FUNDAÇÃO RENOVA, 2018) e os mesmos não aparecem na Figura devido à falta de coordenadas. Esse banco de dados da linha-base foi composto também por Benedetti et al. (2008), UFV (2017), FEAM et al. (2010), Gonçalves (2009) e Pacheco (2015).

Figura 78 – Localização dos pontos de fertilidade do solo que foram utilizados para a composição da linha-base.



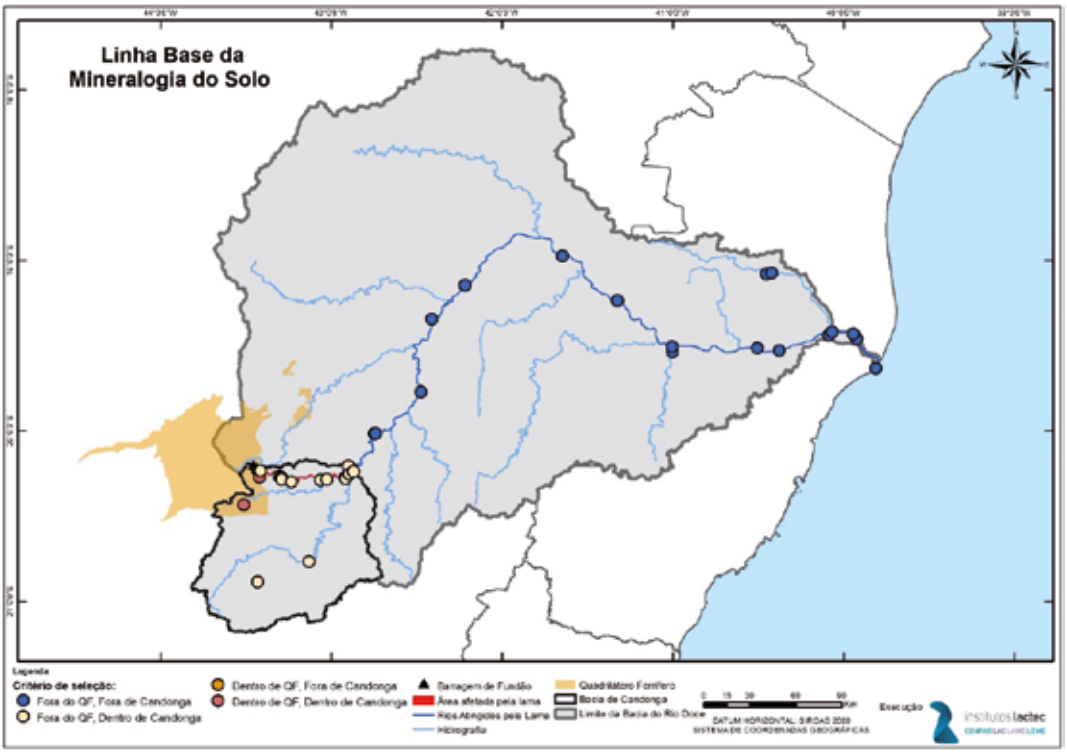
Para EPTs do solo, foram obtidas 133 amostras para composição da linha-base. A localização desses pontos pode ser visualizada na Figura 79. As amostras foram obtidas de FEAM et al. (2010), Pacheco (2015) e Golder Associates (2017).

Figura 79 – Localização dos pontos de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) no solo que foram utilizados para a composição da linha-base.



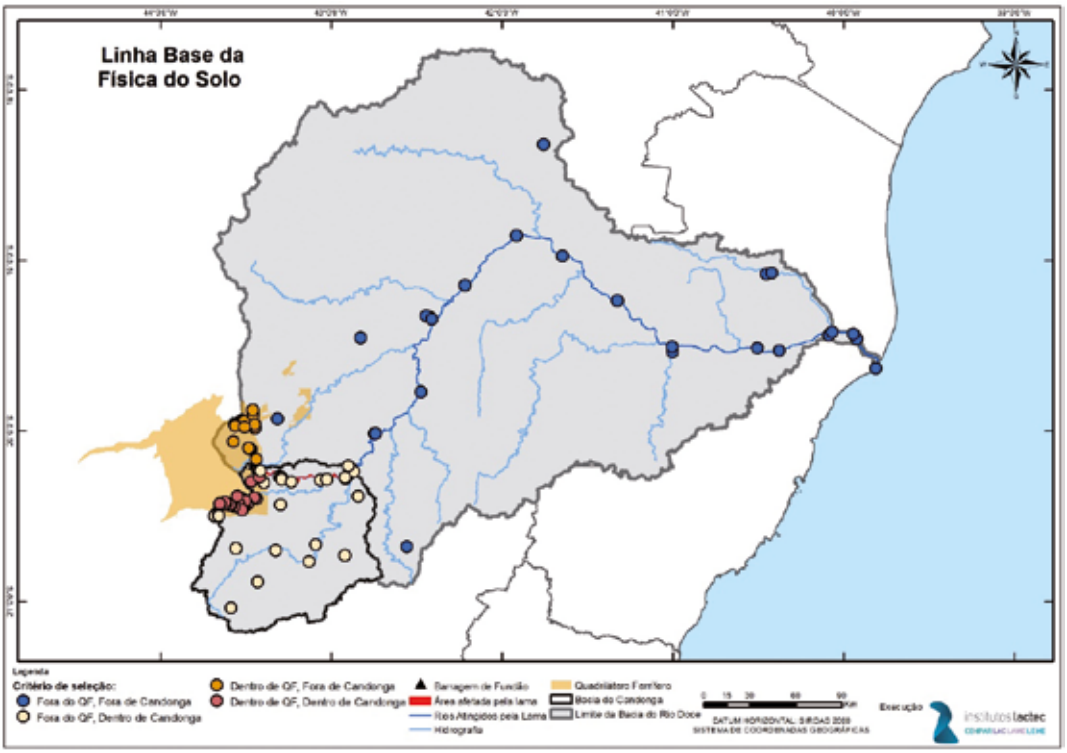
Para a mineralogia do solo, foram obtidas 120 amostras para composição da linha-base. A localização desses pontos é mostrada na Figura 80. As amostras foram obtidas de Benedetti et al. (2008), Pacheco (2015) e Golder Associates (2017).

Figura 80 – Localização dos pontos de mineralogia do solo que foram utilizados para a composição da linha-base.



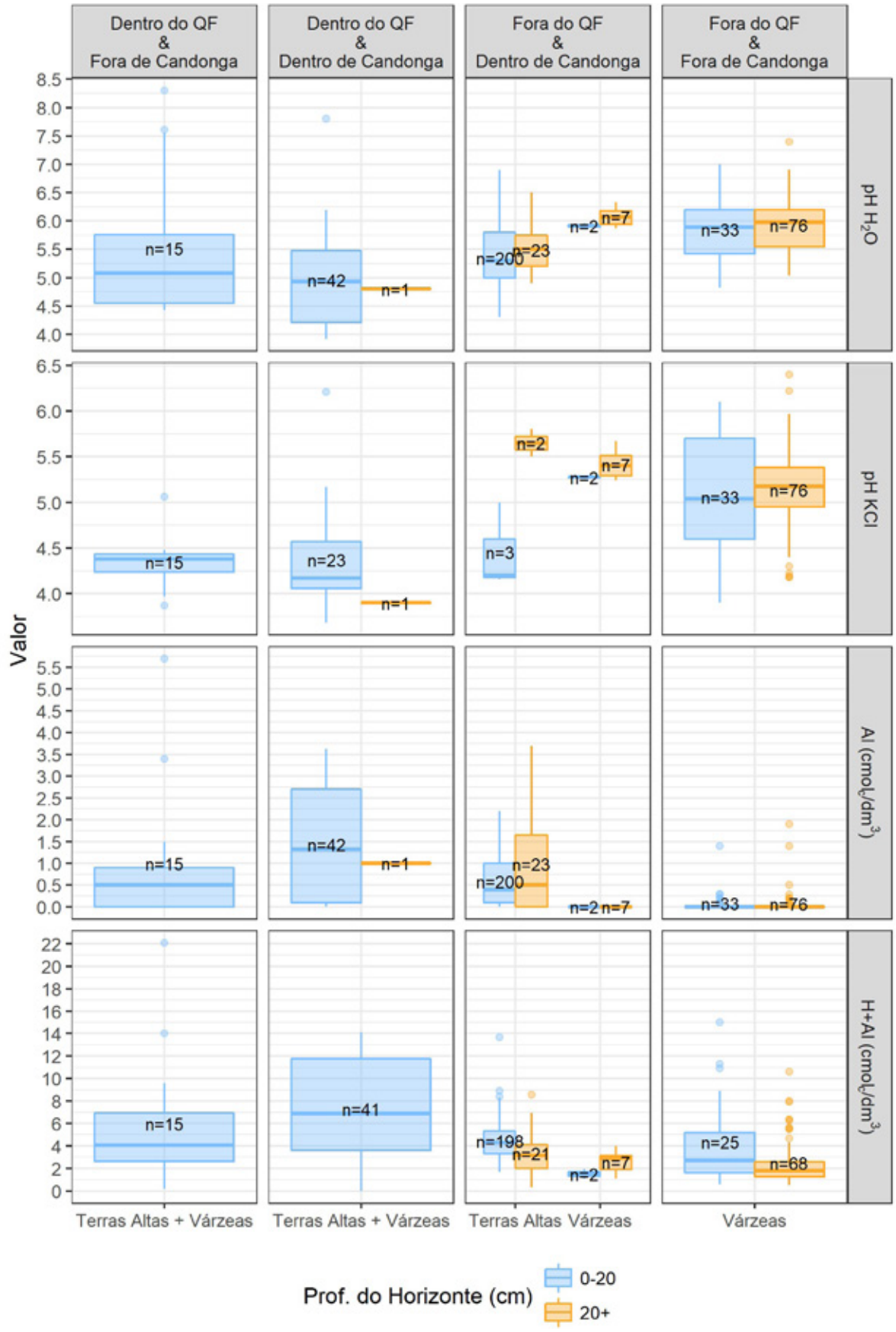
Para a física do solo, foram obtidas 404 amostras para composição da linha-base. A localização desses pontos pode ser visualizada na Figura 81. As amostras foram obtidas de Benedetti et al. (2008), UFV (2017), FEAM et al. (2010), Gonçalves (2009), Pacheco (2015) e Emater-MG (FUNDAÇÃO RENOVA, 2018). Destaca-se que para os dados obtidos pela Emater-MG não há coordenadas e, portanto, não são apresentadas na Figura 81.

Figura 81 – Localização dos pontos de física do solo que foram utilizados para a composição da linha-base.

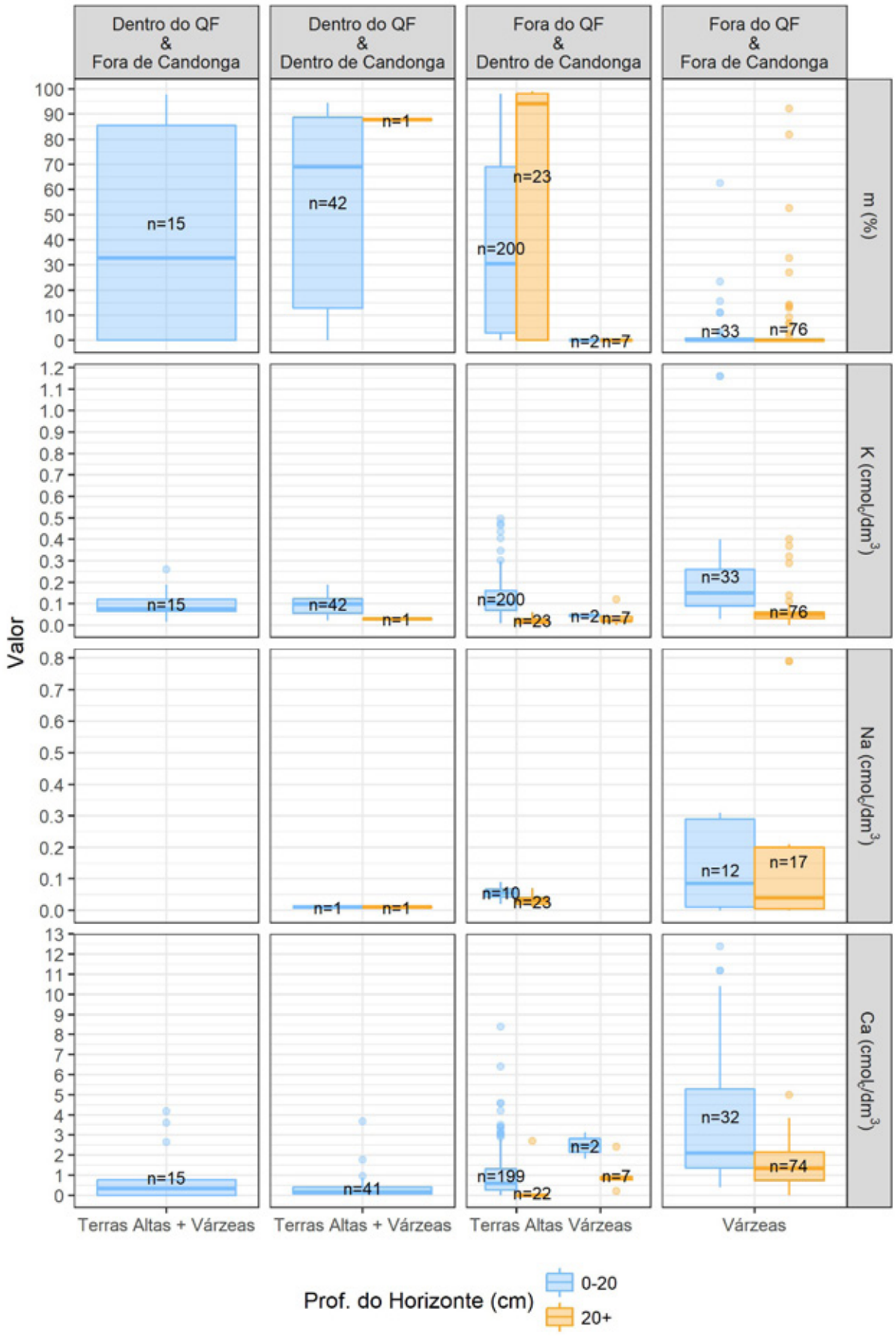


Os parâmetros de linha-base da fertilidade dos solos são apresentados de forma agrupada na Figura 82, de acordo com os quatro critérios anteriormente citados.

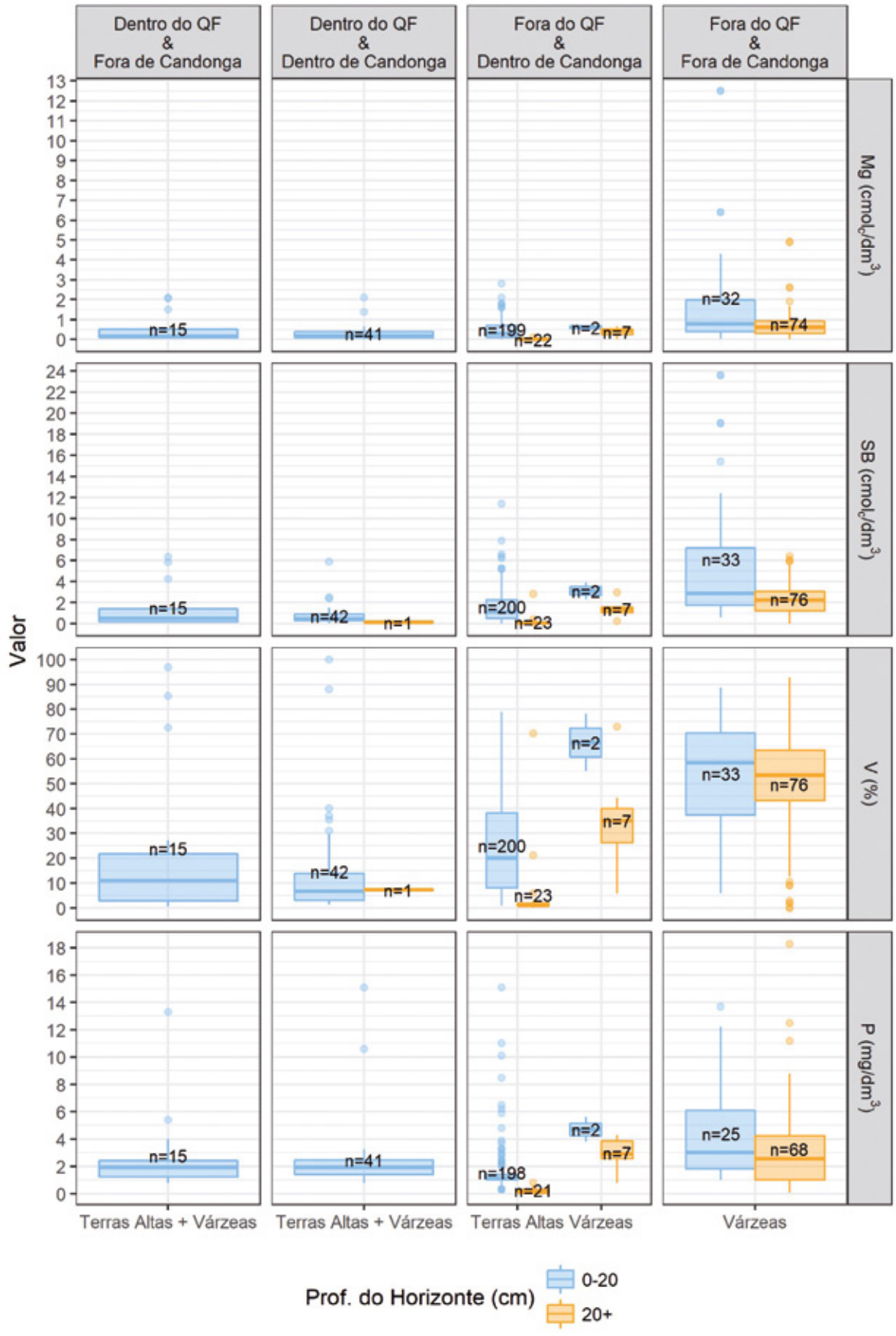
Figura 82 – Linha de base para os parâmetros da fertilidade do solo, respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem.



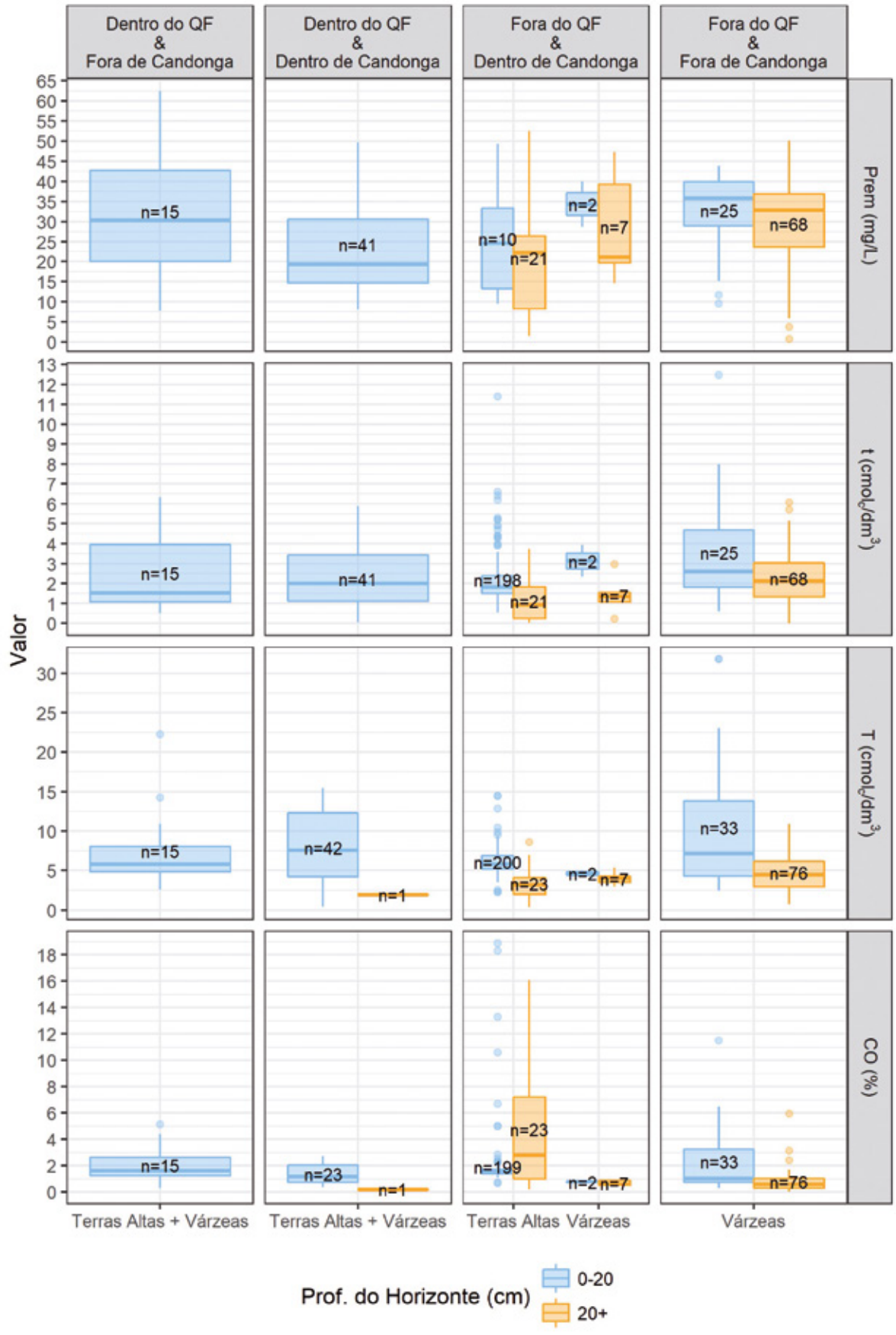
Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
m (%)
K (cmol$_c$/dm^3)
Na (cmol$_c$/dm^3)
Ca (cmol$_c$/dm^3)
Valor
n=15
n=42
n=1
n=200
n=23
n=2
n=7
n=33
n=76
n=12
n=17
n=10
n=41
n=199
n=22
n=32
n=74
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas Várzeas
Várzeas
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

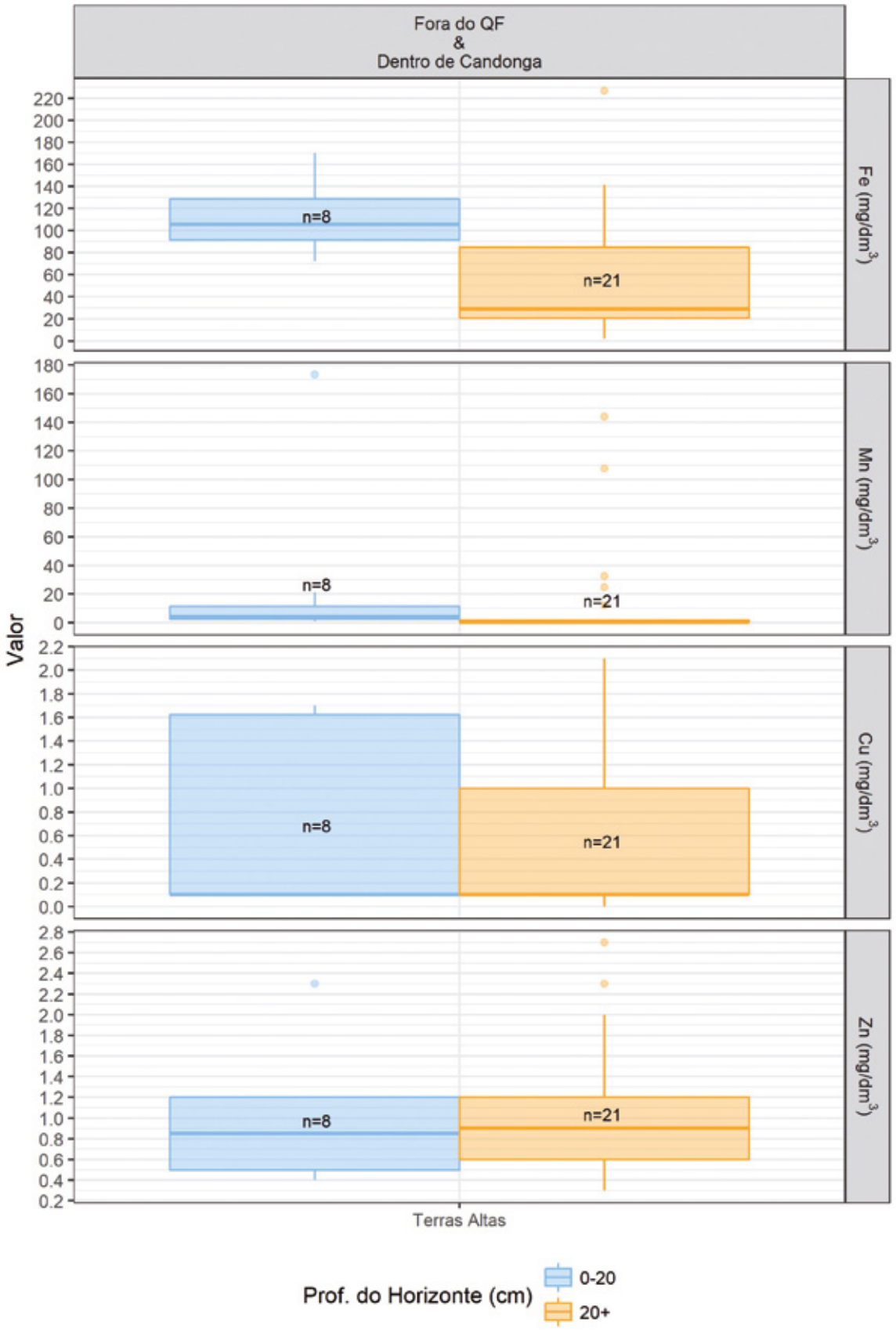
Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Mg (cmol$_c$/dm^3)
SB (cmol$_c$/dm^3)
V (%)
P (mg/dm^3)
Valor
n=15
n=41
n=199
n=22
n=2
n=7
n=32
n=74
n=42
n=1
n=200
n=23
n=33
n=76
n=198
n=21
n=25
n=68
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas Várzeas
Várzeas
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Prem (mg/L)
t (cmol$_c$/dm^3)
T (cmol$_c$/dm^3)
CO (%)
Valor
n=15
n=41
n=10
n=21
n=2
n=7
n=25
n=68
n=198
n=200
n=23
n=42
n=1
n=33
n=76
n=199
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas
Várzeas
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

Continua...



Nota: pH em água, pH em KCl, Al, H+Al, m (saturação por Al), K, Na, Ca, Mg, SB (soma de bases), V (saturação por bases), P, P_{rem} (P remanescente), t (CTC a pH do solo), T (CTC a pH 7,0), CO (carbono orgânico) e teores disponíveis de Fe, Mn, Cu e Zn.

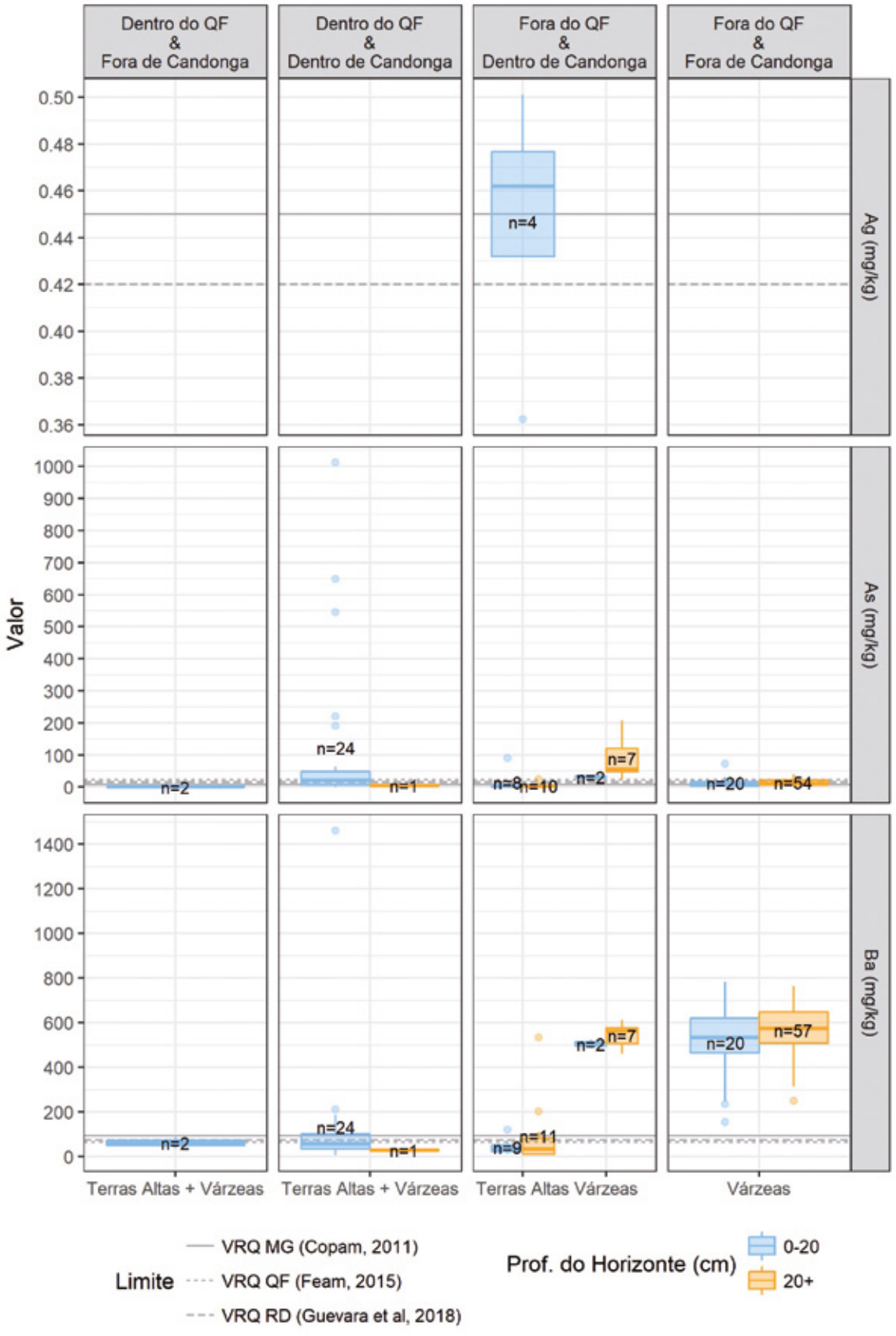
Como linhas gerais, pode-se concluir o seguinte a respeito da linha de base da fertilidade (Figura 82):

- **Acidez dos solos (pH em água, teor de Al e m%):** os solos são naturalmente ácidos, com valores médios de pH em água oscilando entre 4,8 e 6,2. Os maiores valores de pH foram observados para os solos de várzea fora do QF e dentro de Candonga. Existe a tendência natural de solos hidromórficos apresentarem maiores valores de pH, pois em seus processos de formação ocorre adição de bases via lixiviação das partes mais altas e pela água dos rios. Esta será uma referência prioritária de linha de base com os dados de monitoramento pós-desastre, uma vez que o principal compartimento impactado pelo desastre foi os solos de várzea dentro de Candonga. Como consequência dos valores de pH, os solos de várzea fora do QF apresentaram os menores teores de Al e menores valores de saturação por Al, demonstrando não existir limitações ao crescimento de plantas devido à acidez e à presença de alumínio tóxico.
- **Bases nos solos (K, Na, Ca, Mg, SB e V):** o maior teor médio de Ca foi observado na camada de 0 a 20 cm dos solos de várzea fora do QF e dentro de Candonga. Contudo, os teores de Ca fora do QF devem ser olhados com cautela, pois o número de amostras é muito baixo, com pouca representatividade desse compartimento (n = 2). Essa limitação remete à necessidade de trabalhos futuros visando ampliar a determinação de linha de base para os parâmetros da fertilidade. Os teores de Ca disponíveis dentro do QF são muito baixos, especialmente dentro de Candonga, o que é compatível com a baixa concentração desse elemento no material de origem (itabirito). Os solos em todos os compartimentos são naturalmente pobres em Mg. Não há variações consistentes nos teores de K entre os compartimentos. Verifica-se tendência dos teores de Na serem maiores nos solos de várzea fora do QF e fora de Candonga. O Na apresenta baixa energia de adsorção às cargas negativas do solo, tendendo a se acumular nas porções mais baixas da paisagem (várzeas). Os valores de SB e V% acompanharam o comportamento do Ca. Esses dados mostram pobreza química dos solos de várzea antes do desastre.
- **Teor de P disponível:** de maneira geral, para os teores de P, como observado para as bases, tem-se a tendência de os solos de várzea fora do QF e dentro de Candonga apresentarem maiores teores do nutriente. Os teores de P disponíveis dentro do QF são particularmente baixos, devido à pobreza do material de origem (itabirito). O mesmo pode ser afirmado para solos fora do QF e dentro de Candonga para terras altas. Não houve variações consistentes nos teores de P_{rem}. Essa medida é um indicativo da capacidade de fixação de P pelos óxidos de Fe e Al da fração argila. Mesmo os solos das terras altas, que não sofreram reações de redução e remoção do Fe, apresentam baixa capacidade de fixação de P, o que é compatível com a natureza caulinítica dos solos da bacia do rio Doce.
- **Cargas negativas (CTC efetiva e CTC pH 7,0) e teor de CO (carbono orgânico) no solo:** não houve variação consistente na quantidade de cargas negativas dos solos no pH natural de campo (CTC efetiva), no pH 7,0 (CTC potencial) e nos teores de CO entre os compartimentos da paisagem. Os valores de CTC efetiva e CTC potencial são considerados de baixos a médios (CFSEMG, 1999).

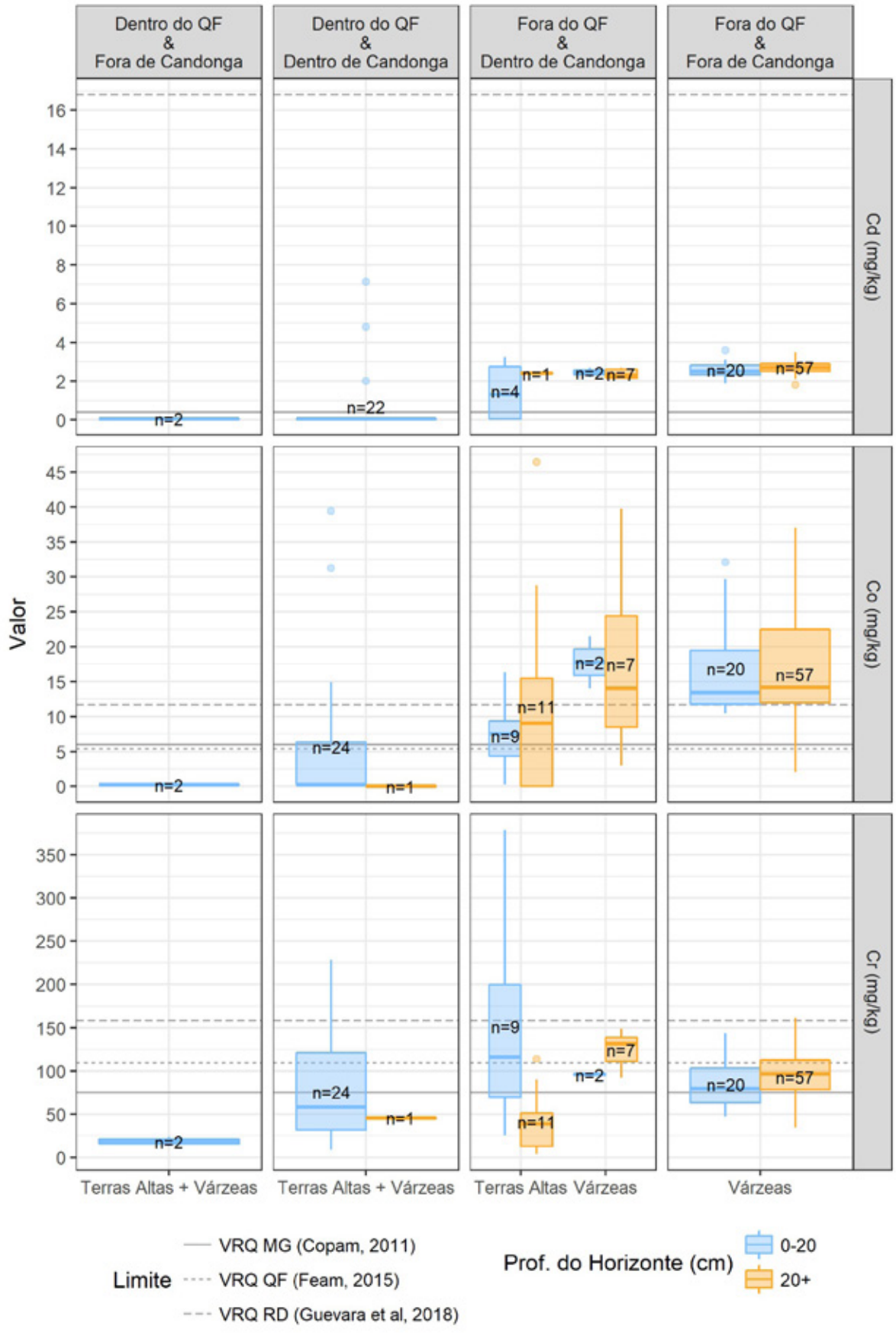
- **Teores de micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn):** a interpretação da linha de base para esses parâmetros foi sensivelmente prejudicada pelo pequeno número de observações, concentradas apenas nas terras altas fora do QF e dentro de Candonga.

As linhas-base para os EPTs dos solos são apresentadas de forma agrupada na Figura 83. Para facilitar as comparações dos teores naturais compilados de trabalhos publicados na literatura na bacia do rio Doce, foram inseridas linhas horizontais com os valores de referência de qualidade dos solos para EPTs (VRQs) de três autores: COPAM (MINAS GERAIS, 2011) – VRQs para todo o estado de Minas Gerais; FEAM (2015) – VRQs para o QF; e Guevara et al. (2018) – VRQs para a bacia do rio Doce. Entre os três valores, deve-se preferir a comparação com os VRQs do QF e da bacia do rio Doce. Os VRQs para todo o estado de Minas Gerais é muito amplo e foi calculado a partir da amostragem de classes de solos e materiais de origem que não existem no polígono de interesse do presente estudo. VRQs mais próximos das áreas de estudo e desenvolvidos a partir de classes de solos e materiais de origem similares fornecem comparações mais precisas.

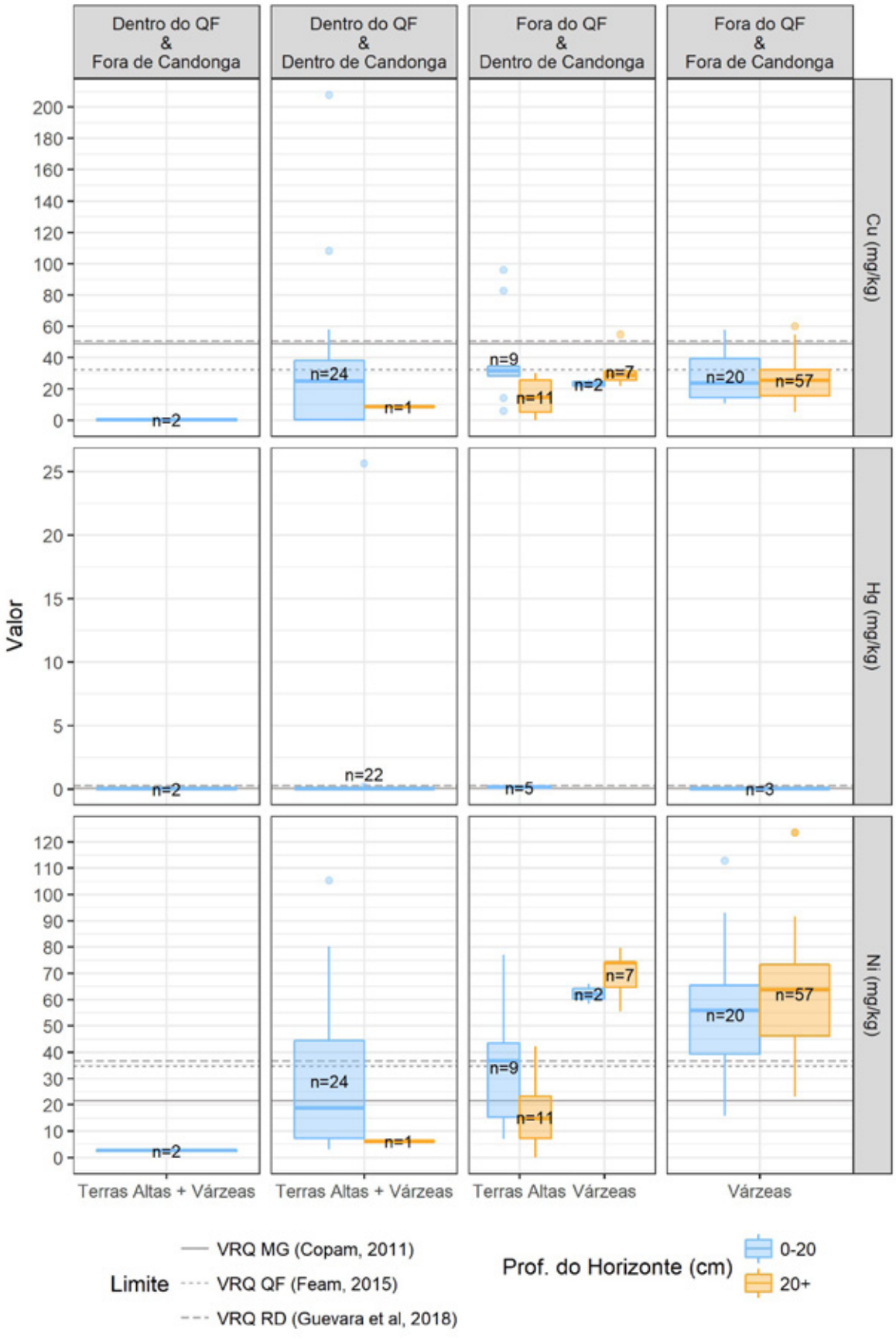
Figura 83 – Linha de base para os teores de EPTs (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sr, Sb, Se, V e Zn), respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem.



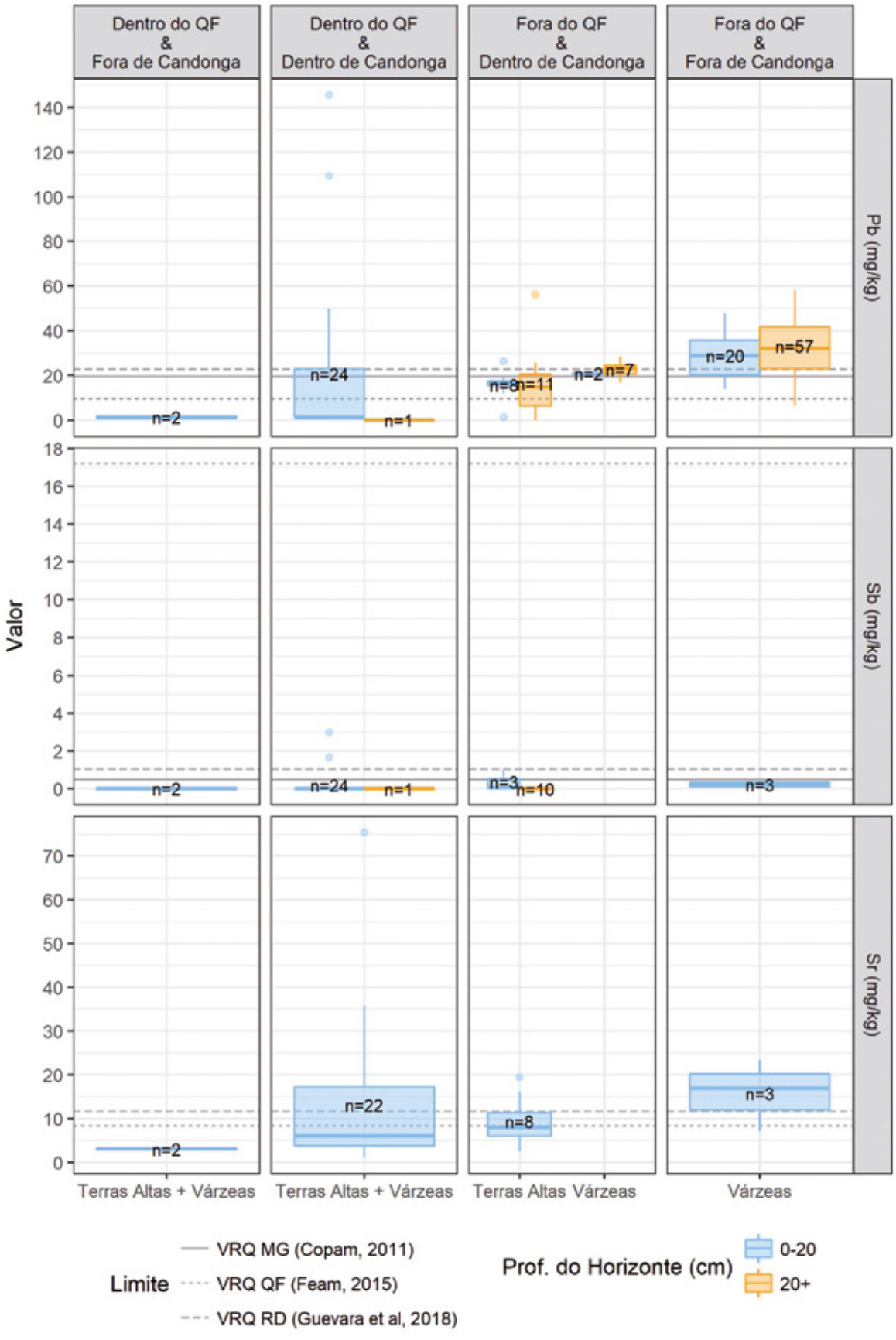
Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Cd (mg/kg)
Co (mg/kg)
Cr (mg/kg)
Valor
n=2
n=22
n=4
n=1
n=2
n=7
n=20
n=57
n=24
n=1
n=9
n=11
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas
Várzeas
Limite
VRQ MG (Copam, 2011)
VRQ QF (Feam, 2015)
VRQ RD (Guevara et al, 2018)
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

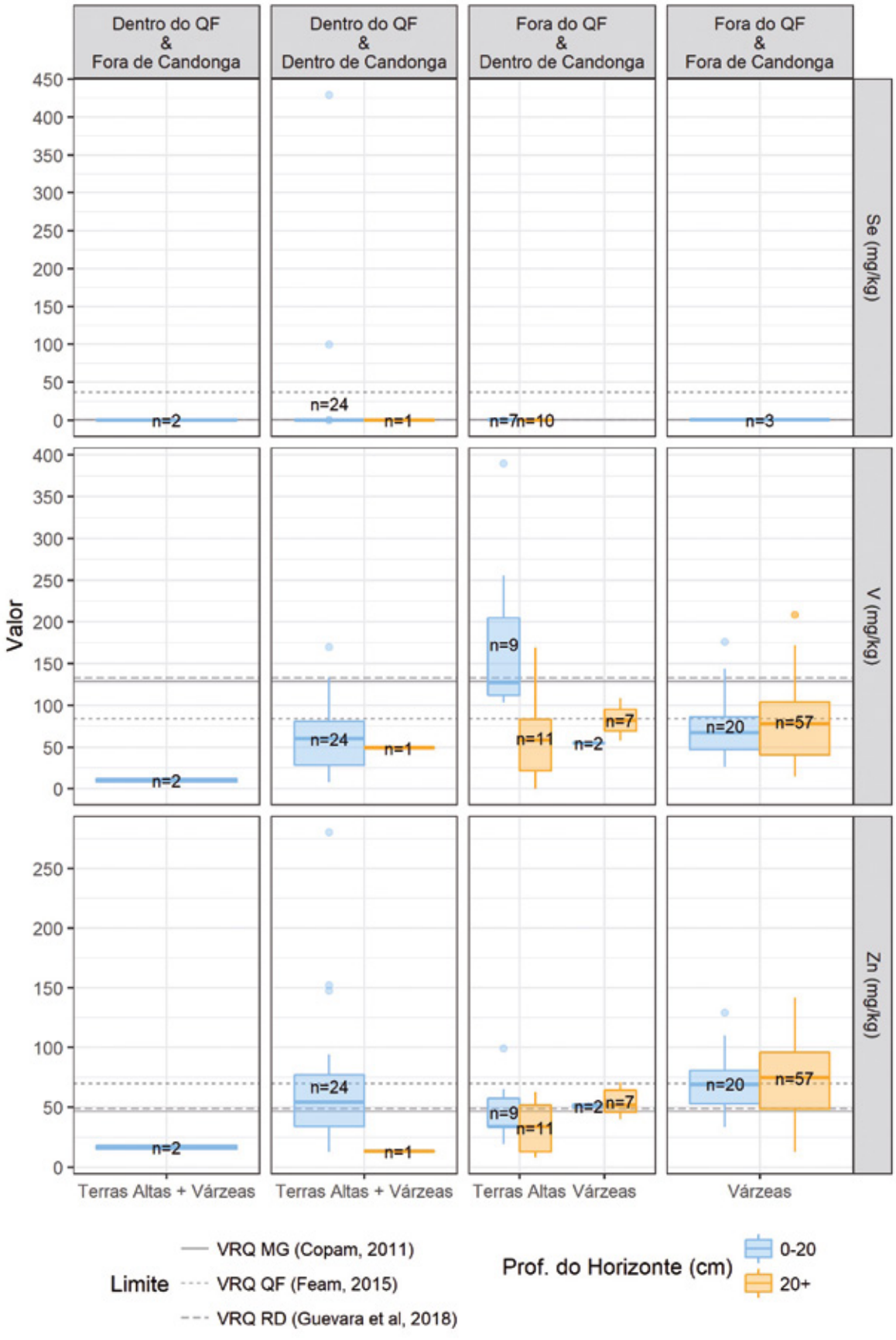
Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Cu (mg/kg)
Hg (mg/kg)
Ni (mg/kg)
Valor
n=2
n=24
n=1
n=9
n=11
n=2
n=7
n=20
n=57
n=22
n=5
n=3
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas
Várzeas
Várzeas
Limite
VRQ MG (Copam, 2011)
VRQ QF (Feam, 2015)
VRQ RD (Guevara et al, 2018)
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Pb (mg/kg)
Sb (mg/kg)
Sr (mg/kg)
Valor
n=2
n=24
n=1
n=8
n=11
n=2
n=7
n=20
n=57
n=3
n=10
n=22
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas
Várzeas
Várzeas
Limite
VRQ MG (Copam, 2011)
VRQ QF (Feam, 2015)
VRQ RD (Guevara et al, 2018)
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Se (mg/kg)
V (mg/kg)
Zn (mg/kg)
Valor
n=2
n=24
n=1
n=7
n=10
n=3
n=9
n=11
n=2
n=7
n=20
n=57
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas
Várzeas
Várzeas
Limite
VRQ MG (Copam, 2011)
VRQ QF (Feam, 2015)
VRQ RD (Guevara et al, 2018)
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

Como linhas gerais, pode-se concluir o seguinte a respeito da linha de base dos EPTs (Figura 83):

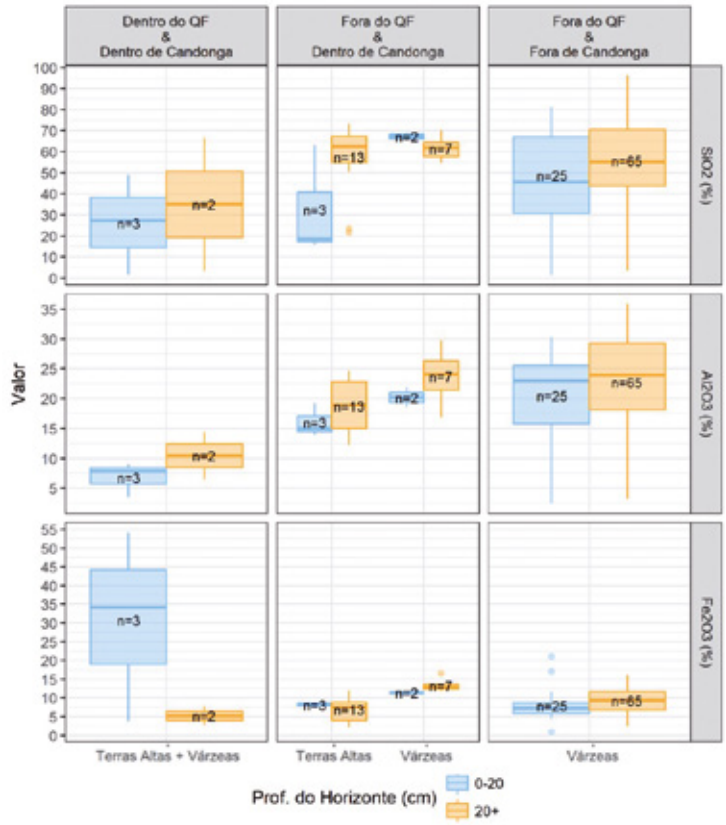
- Destaca-se a fragilidade da linha de base para Ag. Há somente quatro observações nos trabalhos compilados de solos de terras altas. A mediana do teor de Ag dessas quatro observações é de 0,462 mg kg^{-1}, ligeiramente superior aos VRQs de Minas Gerais e da bacia do rio Doce. Essa aparente fragilidade da linha de base é compensada pelos baixos teores de Ag, mesmo em solos intensamente antropizados.
- Para a linha de base do As, destaca-se o acúmulo do elemento na camada subsuperficial dos solos de várzea no compartimento fora do QF e dentro de Candonga. De todos os valores relacionados na Figura 83, esse nível de As seria a melhor situação para comparação com os teores de As a serem obtidos nos rejeitos depositados pós-desastre. Outro aspecto importante são os cinco teores definidos como *outliers* no compartimento dentro do QF e dentro de Candonga (variação de 200 a 100 mg kg^{-1}). Esses teores são extremamente altos, superando os VRQs e os valores de intervenção industrial definidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Vale lembrar que essas determinações foram em amostras de solo coletadas antes do desastre. Os sedimentos antes do desastre já foram impactados por centenas de anos de atividades de mineração de ouro na região (COSTA, 2007; VAREJÃO et al., 2011; SILVA et al., 2013; PACHECO, 2015). Essa grande dispersão de As no pré-desastre ocorre em função do local de amostragem, sendo que os locais mais próximo das áreas de mineração secular de ouro provavelmente apresentam maiores teores desse poluente. Para reduzir esse problema, deve-se ter o máximo de proximidade das coordenadas geográficas da amostragem antes e após o desastre para isolar o efeito das antigas minerações com o impacto do espalhamento da lama da barragem de fundão.
- Os maiores teores de base de Ba são fora do QF. Esse comportamento era esperado, pois o enriquecimento de Ba nos solos está associado à presença de feldspatos potássicos no material de origem. Devido à grande proximidade de raios iônicos entre o Ba^{2+} e o K^{+}, esses elementos se substituem mutuamente na estrutura dos feldspatos. Fora do QF ocorre vasta distribuição de rochas ígneas ácidas ricas em feldspatos potássicos.
- Da mesma forma que observado para o Ba, os teores de base de Cd são maiores nos solos fora do QF, independentemente de estarem dentro ou fora da bacia de Candonga. Contudo, mesmo nesses compartimentos, os teores são baixos (em torno de 2,5 mg kg^{-1}). Seguindo essa tendência, os teores de Co são superiores nos solos fora do QF. Já para o Cr, não houve comportamento consistente de sua distribuição em função do compartimento geomorfológico.
- Os teores de Cu dos trabalhos compilados em qualquer compartimento foram inferiores em relação aos VRQs para Minas Gerais, QF e bacia do rio Doce. Levando em consideração que a melhor definição de linha de base é aquela que mais se aproxima em termos de localização geográfica, classe de solo e material de origem da área de estudo, no pós-desastre deve-se preferir os teores médios de Cu definidos na várzea no compartimento fora do QF e dentro de Candonga para comparação.
- Em qualquer cenário, o nível de base para Hg é próximo de zero. Isso torna a comparação com os teores de Hg no pós-desastre bastante sensível para verificar qualquer possível

contaminação da lama. Para o Ni, a melhor composição de linha-base (várzea fora do QF e dentro de Candonga) apresentou os maiores teores desse elemento. Portanto, ao contrário do Hg, os teores de base de Ni para certificar a contaminação do elemento pela lama serão mais flexíveis. Não obstante, a qualidade dessa comparação é comprometida pelo baixo número de observações desse compartimento (n = 2 para 0-20 cm e n = 7 para 20+ cm). Os teores de Pb nos solos de várzea no compartimento fora do QF e dentro de Candonga foram similares ao VRQ determinado por Guevara et al. (2018) para a bacia do rio Doce. Essa justaposição dá mais credibilidade à linha de base de Pb. Para o Sb houve uma nítida distorção do VRQ determinado para o QF (17,3 mg kg^{-1}). Esse teor também destoa dos dados apresentados e discutidos em várias literaturas em diferentes países (CARRERO et al., 2013; LUILO; OTHMAN; MRUTU, 2014). Esse VRQ está acima do valor de intervenção urbana definido pela Resolução CONAMA nº 420/2009. O Sb é um poluente emergente que tem recebido muita atenção nos trabalhos recentes. Como discutido para o Hg, os níveis menores que 1 mg kg^{-1} (excluindo o VRQ do QF) torna a futura comparação pós-desastre mais restritiva ambientalmente. O mesmo comportamento foi observado para o Se, com teores próximos de zero em todas as situações.

- Os teores de base do V são maiores nos solos fora do QF e os teores de Zn conferem margem elevada para contaminação da lama no elemento. O Zn é um micronutriente essencial aos seres vivos e seus teores de toxicidade são elevados. De acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009, deve-se ficar alerta com o Zn nos solos somente quando seu teor ultrapassar 300 mg kg^{-1}. O ponto *outlier* dentro de QF e Candonga ficou abaixo desse limite. Os teores de base de Sr foram similares em todos os compartimentos. Na situação mais propícia para definição da linha-base (fora do QF e dentro de Candonga), têm-se observações apenas para terras altas. A linha de base para Sr (cerca de 10 mg kg^{-1}) é muito inferior à do Ba (cerca de 100 mg kg^{-1}). Apesar de ambos se comportarem de forma similar na natureza (ambos pertencem à coluna 2A da tabela periódica), nas rochas e solos é muito limitada a ocorrência de minerais primários fontes de Sr. Já para o Ba, como discutido anteriormente, existe forte associação desse elemento com minerais primários com K na estrutura (e.g., feldspatos), o que eleva a linha de base de Ba nos solos.

As linhas de base para os parâmetros mineralógicos dos solos são apresentadas de forma agrupada na Figura 84.

Figura 84 – Linha de base para os parâmetros mineralógicos dos solos (SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3), respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem.



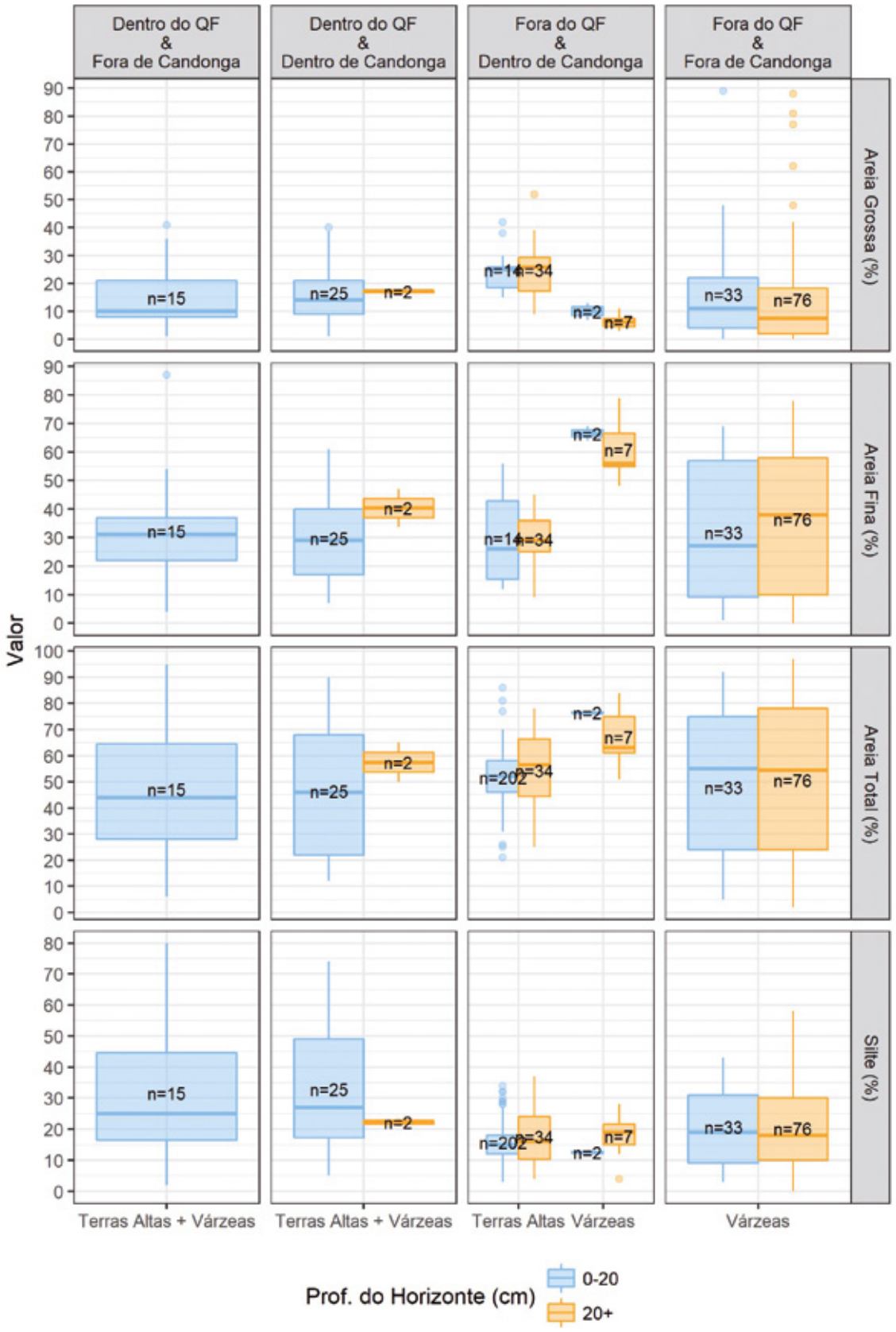
Como linhas gerais, pode-se concluir o seguinte a respeito da linha de base da mineralogia dos solos (Figura 84):

- Os teores de SiO_2 e Al_2O_3 são maiores nos solos fora do QF. Esses resultados são compatíveis com os maiores teores de quartzo, feldspatos, muscovita e outros minerais aluminossilicatados das rochas ácidas predominantes na bacia do rio Doce. Com o intemperismo desses minerais, ocorre a liberação do Si e do Al para a solução do solo e a neogênese principalmente de caulinita. A formação de gibbsita não é favorecida pelo predomínio de solos jovens na bacia. Os teores de Si são mais próximos entre os solos fora e dentro do QF. Esse comportamento é meramente metodológico, como discutido anteriormente. O principal método de abertura das amostras de solo usado pelos autores compilados é a digestão ácida com HNO_3 e HCl concentrados (EPA 3051A). Pela ausência de HF no método não há a extração de minerais silicatados e extração muito limitada de minerais aluminossilicatados. Por isso, o termo teores pseudototais de Si se aplica muito bem nesse caso.

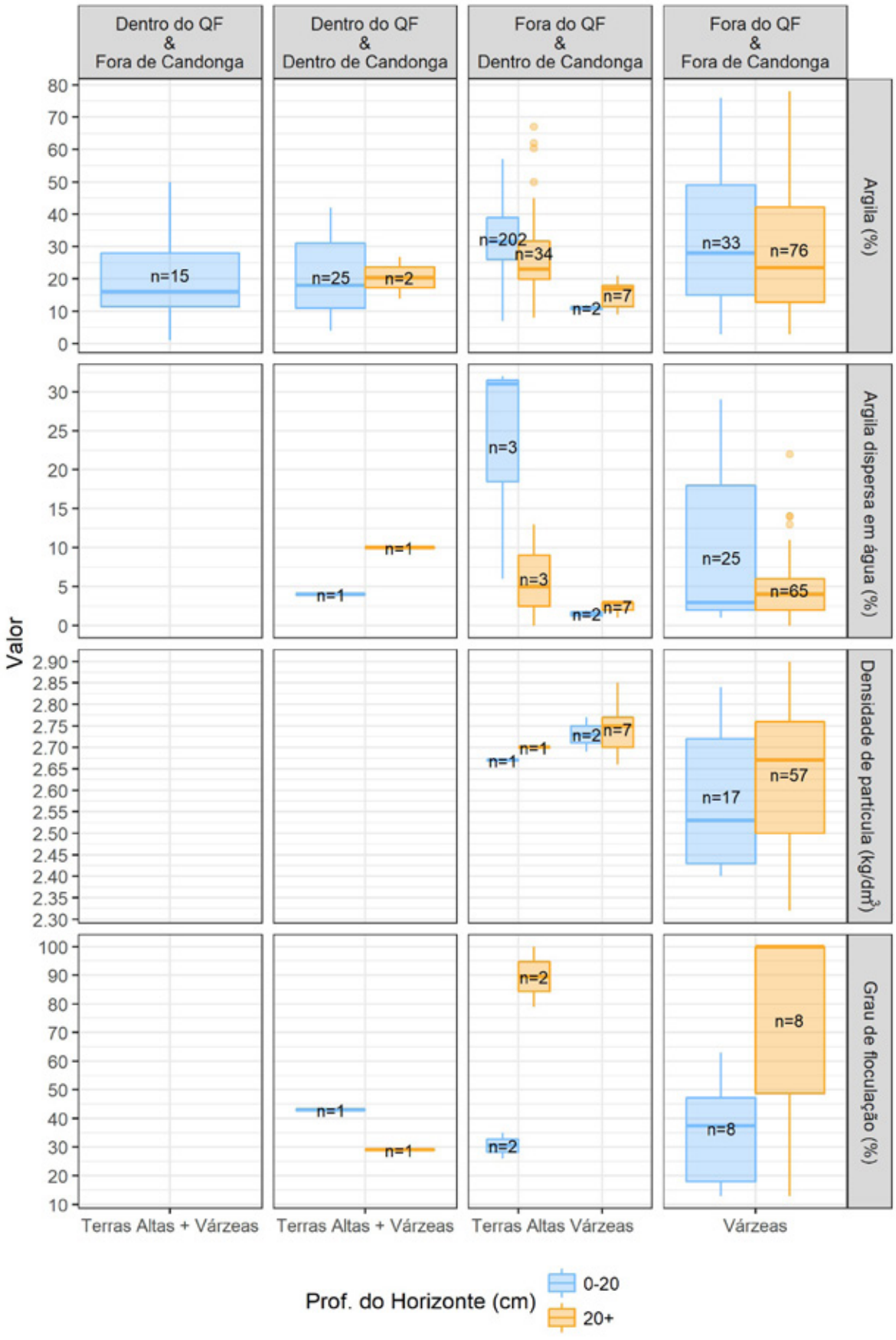
- Por outro lado, os teores de Fe_2O_3 nos solos do QF são superiores. O itabirito de origem dos solos do QF e usado no processo de mineração de Fe é uma rocha metamórfica constituída principalmente por hematita litogenética. Como consequência, os solos desenvolvidos a partir do intemperismo dessa rocha apresentam altos teores de hematita (Fe_2O_3). O método EPA 3051A extrai a totalidade da hematita dos solos (MELO et al., 2016). Os teores de Fe_2O_3 do horizonte subsuperficial dos solos do QF devem ser observados com cautela, pois não representam os solos daquela unidade pedológica. Com os teores de base dos solos de várzea fora do QF e dentro de Candonga, será possível estabelecer a referência mineralógica para checar o aporte de óxidos de ferro (principalmente hematita) com a movimentação da lama.

As linhas de base para os parâmetros físicos dos solos são apresentadas de forma agrupada na Figura 85.

Figura 85 – Linha de base para os parâmetros físicos dos solos (areia grossa, areia fina, areia total, silte, argila, argila dispersa em água, densidade de partícula e grau de floculação), respeitando os grupos de amostras em função da localização geográfica e posição na paisagem.



Continua...


Dentro do QF & Fora de Candonga
Dentro do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Dentro de Candonga
Fora do QF & Fora de Candonga
Argila (%)
Argila dispersa em água (%)
Densidade de partícula (kg/dm³)
Grau de floculação (%)
Valor
n=15
n=25
n=2
n=202
n=34
n=2
n=7
n=33
n=76
n=3
n=1
n=1
n=3
n=2
n=7
n=25
n=65
n=1
n=1
n=2
n=7
n=17
n=57
n=2
n=1
n=1
n=2
n=8
n=8
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas + Várzeas
Terras Altas Várzeas
Várzeas
Prof. do Horizonte (cm)
0-20
20+

Como linhas gerais, pode-se concluir o seguinte a respeito da linha de base da física dos solos (Figura 85):

- A distribuição dos teores de areia é similar entre as combinações apresentadas na Figura 85. Contudo, verifica-se tendência de os teores de areia grossa serem menores e os de areia fina serem maiores nos solos de várzea fora do QF e dentro de Candonga (melhor situação de linha de base para comparações futuras com o pós-desastre). Com relação aos teores de silte, independentemente da posição em relação à Candonga, os solos de fora do QF apresentam menores teores. Já em relação aos teores de argila, verifica-se uma inversão desse comportamento, com maiores teores de base da fração coloidal nos solos fora do QF.
- As comparações dos valores de base de densidade de partículas foram prejudicadas pela ausência de amostras dentro do QF. Contudo, será facilmente possível a comparação dos valores de densidade de partícula dos solos de várzea no compartimento fora do QF e dentro de Candonga com a lama depositada durante o desastre. Devido à maior densidade de partículas dos óxidos de ferro, espera-se que as diferenças desse parâmetro nas amostras pré e pós-desastre sejam expressivas. Nas amostras fora do QF, fica evidente o menor grau de floculação da camada de 0-20 cm. Espera-se que o provável enriquecimento em óxidos de ferro (hematita) nos solos de várzea com a deposição da lama resulte em expressiva mudança no grau de floculação, pois a hematita apresenta excesso de cargas positivas e gera um ambiente com melhor balanço de cargas.

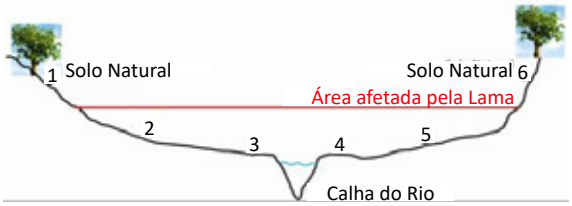
3.1.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA LINHA-BASE PÓS-DESASTRE

Após uma exaustiva análise técnica a respeito da representatividade dos parâmetros de fertilidade, químicos, físicos e mineralógicos dos solos, obtidos a partir da literatura, observou-se que os dados que melhor representariam a linha-base de solos se limitam a uma reduzida quantidade de observações (solos de fora do QF e dentro de Candonga). Para tanto, esses resultados serão complementados por campanhas de campo a serem realizadas pelos Institutos Lactec para a coleta e análise de solo, com o intuito determinar *in situ* os níveis de fertilidade, EPTs, mineralogia e análises físicas do solo em áreas não afetadas pela deposição do rejeito. Essa complementação se faz necessária a fim de determinar valores de maior confiabilidade para a linha-base natural do solo.

As coletas de solo já foram iniciadas (primeira coleta foi realizada no período de 17 a 24 de fevereiro de 2018). Apesar dessas coletas estarem sendo feitas após o desastre, especial atenção tem sido dada à obtenção de amostras de referência (base) pela amostragem em seções transversais à calha do rio Doce. Nesse escopo de amostragem, é possível determinar a linha de base em amostras coletadas lado a lado com solos impactados pela lama. Como discutido anteriormente, a proximidade geográfica de amostras facilita a comparação. Em cada seção foram amostrados seis pontos de forma a obter informações na parte não afetada pela lama (terras altas – pontos 1 e 6, Figura 86) e nas áreas afetadas pela deposição da lama de rejeitos da barragem de Fundão, tanto na margem esquerda quanto na margem direita do rio (pontos 2, 3, 4 e 5 – Figura 86).

Vale ressaltar que, apesar da limitação referente aos solos que representarão o *background* original não estarem dispostos exatamente nas áreas atingidas (várzea), uma vez que não existem solos de várzea sem influência dos rejeitos nos dias atuais, os pontos 1 e 6 de cada seção transversal foram selecionados pela equipe técnica do Lactec por estarem em condição mais próximo à condição natural do solo. As possíveis intercorrências do posicionamento da coleta de solo pela metodologia adotada serão levadas em consideração e discutidas oportunamente quando as análises forem concluídas e os resultados relativos aos danos forem apresentados.

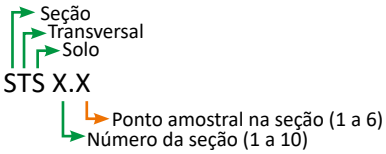
Figura 86 – Representação esquemática dos pontos de amostragem dentro de cada transecto ou seção transversal, evidenciando a coleta de amostras na borda para compor a linha-base local de cada seção.



A partir de uma análise da geologia (litologia) e da classe e manejo do solo da área afetada pela lama (ambas elaboradas pelos Institutos Lactec), além da acessibilidade aos pontos das regiões com maiores deposições de sedimentos (em termos de área) e de trabalhos realizados anteriormente (CH2M, 2017; GOLDER ASSOCIATES, 2016), foram selecionadas 10 seções entre a barragem de Fundão e a barragem de Candonga para a campanha de campo já realizada entre 17 e 24 de fevereiro de 2018.

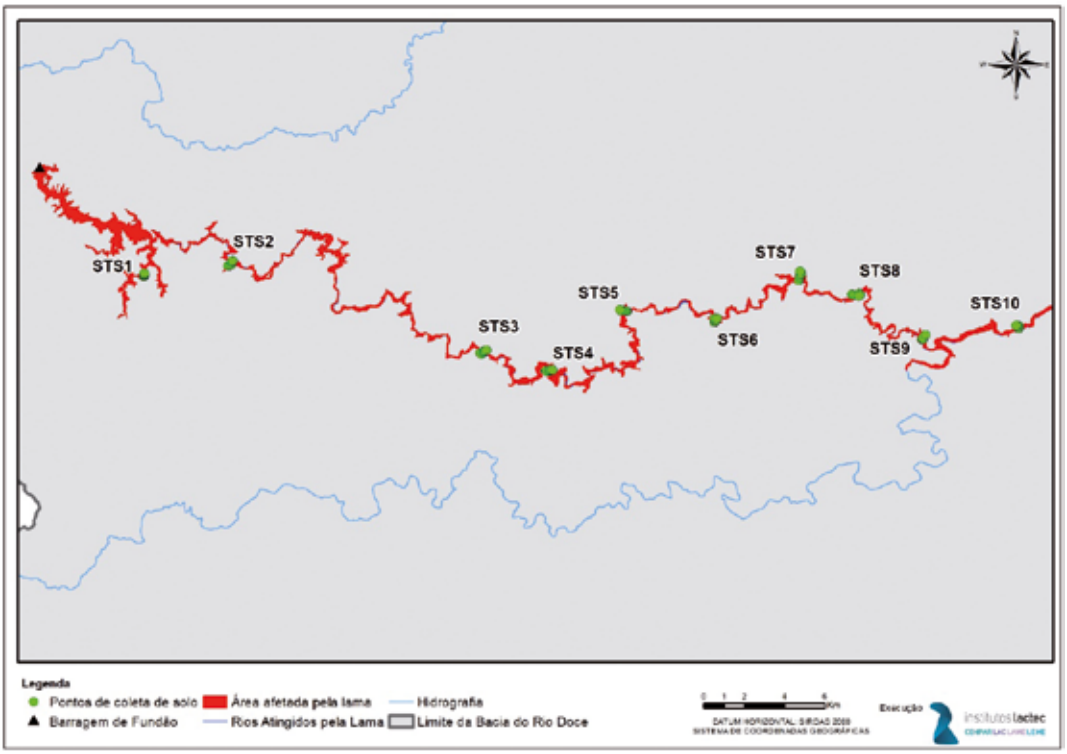
Os pontos foram denominados STSX.X, onde STS significa seção transversal de solo; o primeiro X representa o número da seção analisada; e o último X identifica o ponto selecionado dentro de cada seção, variando de 1 a 6 (o solo original é representado pelo primeiro ponto, os outros quatro pontos representam a região afetada pela lama, e o ponto número 6 representa o outro ponto de controle de solos) (Figura 87). O número segue a ordem crescente, indo de montante a jusante, ou seja, de Fundão à Barra Longa.

Figura 87 – Nomenclatura e denominação das seções transversais de solo.



Foi amostrado, nessa campanha, um total de 10 seções, desde a STS1 até a STS10 (Figura 88). As datas de amostragem de cada ponto e seção são apresentadas na Tabela 21.

Figura 88 – Localização das seções transversais executadas em campo.



A única seção onde não foram amostrados os seis pontos foi a de número 10, devido à falta de local para coletar rejeitos naquela seção. Nessas condições adversas, foram coletados apenas três pontos nas áreas contendo lama, dois pontos na margem direita e um ponto na margem esquerda do rio. De todas as seções planejadas, apenas as seções 8, 9 e 10 tiveram um deslocamento em campo, devido principalmente ao acesso aos locais como foram dispostos.

Tabela 21 – Datas de coletas de cada um dos pontos amostrados no solo.

Data da Coleta	Pontos Amostrados
17/02/2018	STS1.1; STS 1.2; STS 1.3; STS 1.4; STS 1.5; STS 1.6;
18/02/2018	STS 2.1; STS 2.2; STS 2.3; STS 2.4; STS 2.5; STS 2.6;
19/02/2018	STS 3.1; STS 3.2; STS 3.3; STS 3.4; STS 3.5; STS 3.6; STS 4.1; STS 4.2; STS 4.3; STS 4.4; STS 4.5; STS 4.6;
20/02/2018	STS 5.1; STS 5.2; STS 5.3; STS 5.4; STS 5.5; STS 5.6; STS 6.1; STS 6.2; STS 6.3; STS 6.4; STS 6.5; STS 6.6;
21/02/2018	STS7.1; STS 7.2; STS 7.3; STS 7.4; STS 7.5; STS 7.6; STS 8.1;
22/02/2018	STS 8.2; STS 8.3; STS 8.4; STS 8.5; STS 8.6; STS 9.1; STS 9.2; STS 9.3; STS 9.4; STS 9.4; STS 9.5;
23/02/2018	STS 9.6; STS 10.1; STS 10.2; STS 10.3; STS 10.4; STS 10.5

Tanto o solo quanto a vegetação foram amostrados na área de estudo. Para o solo foram amostradas as camadas 0-20 e 20-40 cm, quando possível. Para cada profundidade foram tomadas de três a cinco amostras simples ao redor da coordenada central do ponto (raio de 2 m), no formato de uma cruz. As amostras simples foram colocadas em sacos plásticos e misturadas para compor a amostra

composta. Com a combinação de seções, pontos e profundidades, resultou-se na coleta de 137 amostras compostas de solo. Em cada ponto, a vegetação mais abundante do entorno foi identificada. Em seguida, foram coletadas, separadamente, amostras da parte aérea e das raízes da espécie dominante em cada ponto. Nas áreas não afetadas pela lama (Figura 86, pontos 1 e 6), foram amostradas, quando possível, amostras de rochas *in situ* para posterior análise.

Nas amostras de solo serão determinados os parâmetros de fertilidade (pH em água, P, K, Ca, Mg, Al , H+Al, SB, t, T, V%, m% e CO), de física (densidade aparente e densidade de partícula do solo, porosidade, capacidade de água disponível (CAD), condutividade hidráulica saturada e granulometria), além das frações de EPTs no solo (trocável, não trocável, formas solúveis em ambiente redutor e pseudototal). Além dos teores dos elementos majoritários, será usada a difração de raios X para identificação dos minerais do solo e a extração de óxidos de ferro pedogenéticos pelo método do ditionito-citrato-bicarbonato (DCB). Para maiores informações sobre as análises físicas e o detalhamento das metodologias a serem utilizadas, poderá ser consultado o item 3.2.5. Em relação à análise dos EPTs, os trabalhos compilados trazem apenas os teores totais ou pseudototais desses elementos. No entanto, as frações totais ou pseudototais podem não refletir o real impacto dos EPTs em termos de toxidez às plantas, animais e seres humanos. Nesse sentido, os EPTs serão determinados, além dos teores totais, também em suas formas biodisponíveis no solo por meio de extrações químicas diferenciadas e pelo cultivo de plantas em condições controladas. O melhor método (método-padrão) para medir a disponibilidade de qualquer elemento no solo é o cultivo de plantas. Para tanto, está prevista a realização de experimento com o cultivo de arroz (espécie que apresenta facilidade de acúmulo de EPTs) para avaliar o desenvolvimento das plantas cultivadas sobre o rejeito e a capacidade dessas plantas em acumular EPTs na parte aérea e raízes.

Após a finalização das análises para as amostras coletadas pelo Lactec de solos naturais (pontos 1 e 6 de cada seção), os dados obtidos serão analisados quanto à sua representatividade e serão incorporados ao banco de dados, de forma a compor a linha-base final.

3.2 GEOTECNIA

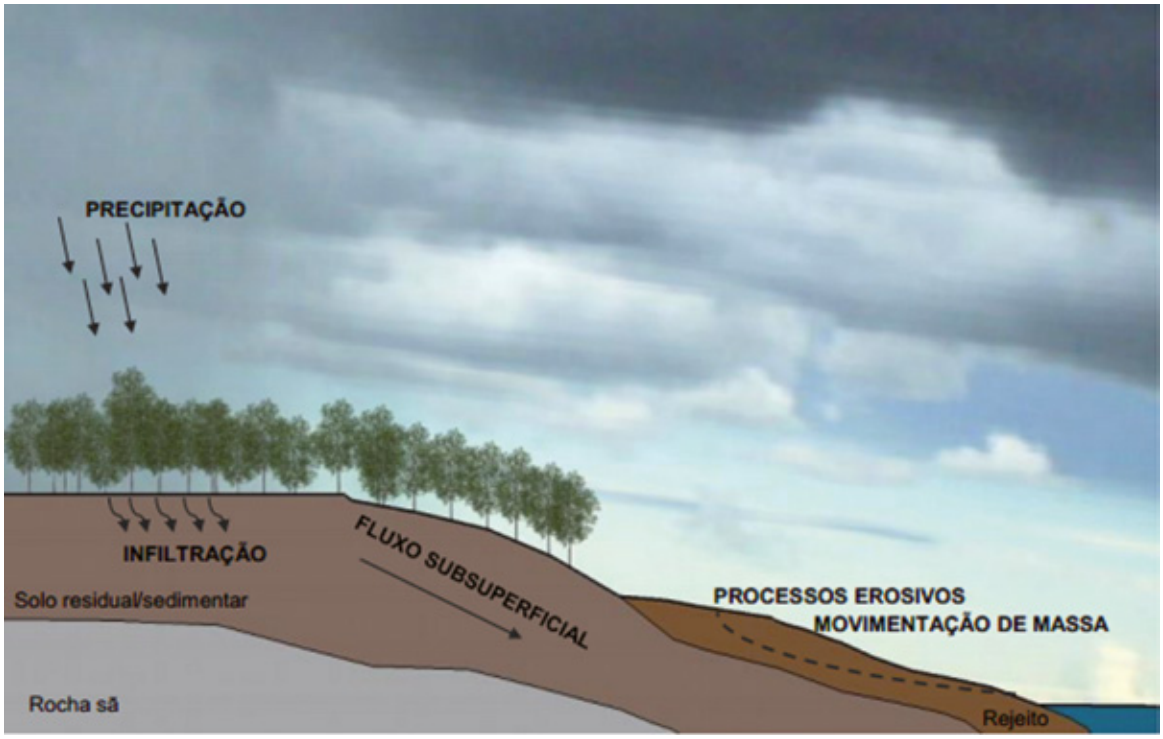
A geotecnia é uma das áreas da engenharia em que são aplicados conceitos e princípios físicos para a compreensão do comportamento dos diferentes tipos de material (solos e rochas) que constituem a superfície terrestre, sendo comumente exercida por engenheiros civis geotécnicos e geólogos. Importante salientar que para a área de geotecnia, as camadas e os parâmetros de solo e de rocha são tratados de maneira mais abrangente, sendo que nem sempre são considerados os mesmos conceitos abordados no item 3.1. Para fins de obras civis, é necessária a análise de um perfil de solo mais profundo, envolvendo tanto as camadas superficiais quanto as camadas de rocha alterada e, em alguns casos, o próprio embasamento rochoso, comumente chamado de rocha sã (Figura 69).

Para a avaliação do diagnóstico do dano decorrente da ruptura da barragem de Fundão, a análise dos processos erosivos, movimentações de massa e condições de fluxo subsuperficiais é essencial para o entendimento do comportamento dos solos naturais e rejeitos depositados. As informações extraídas nessas análises subsidiarão as áreas ambientais, as quais quantificarão a magnitude do dano ou a influência do contato do rejeito nos diferentes parâmetros ambientais analisados. Na Figura 89, é

apresentado um esquema no qual são identificadas as principais análises realizadas nesses casos pela geotecnia, citam-se, por exemplo:

- Análise do potencial de erodibilidade para avaliação do carreamento de rejeito das margens para dentro do rio, resultado de processos erosivos;
- Análise de estabilidade de encostas ou de movimentação de massa, as quais resultam em um deslocamento de maiores volumes de material para dentro da calha do rio;
- Infiltração e fluxo de água subsuperficial nas camadas de rejeito e solo natural, podendo em alguns casos ocasionar na contaminação do lençol freático ou a ruptura hidráulica dos materiais;
- Ocorrência de movimentação/deformações verticais do solo por acréscimo de tensão efetiva devido à deposição da camada de rejeito, normalmente avaliada por recalques de solos.

Figura 89 – Esquema básico de análise pela geotecnia para avaliação da movimentação de massa, processos erosivos e fluxo subsuperficial.



Para a realização de todas as análises supracitadas, é necessária a determinação das propriedades associadas aos solos e materiais que envolvem as análises (rejeitos e rochas quando ocorrentes). Entende-se que a busca por informações relativas ao solo deve estar focada nas propriedades dos solos que recobrem o embasamento rochoso e em função das características de resistência inerentes ao próprio maciço rochoso. Isso porque o próprio solo natural pode apresentar características que induzam à instabilidade em função de espessuras, texturas, heterogeneidade e resistência ao cisalhamento. A heterogeneidade dos solos é representada pelas variações de textura, concentração de material iluvial, planos remanescentes de estruturas reliquiares de rocha e elevada anisotropia de propriedades geomecânicas. Faz-se necessário, portanto, conhecer as características e heterogeneidades presentes em um maciço de solo.

As informações geotécnicas levantadas, a partir de dados da literatura, oriundas de ensaios de campo e/ou ensaios de laboratório, com a intenção de conhecer o comportamento dos solos, são: caracterização física e composição dos solos, resistência ao cisalhamento; deformabilidade; informações sobre expansão, colapsibilidade e erodibilidade; e hidráulicas (condutividade hidráulica e infiltração). Por fim, cabe citar ainda o reconhecimento geológico-geotécnico do subsolo da área em estudo a partir de sondagens a trado; sondagens à percussão; coleta de amostras; e estudo de estabilidade de taludes.

Nos itens a seguir, serão abordados os conceitos geotécnicos, a área de abrangência, as metodologias, os resultados que subsidiaram a determinação da linha-base que será utilizada no diagnóstico do dano resultante da ruptura da barragem de Fundão. Ainda, a fim de complementar as análises, no final deste item é apresentada a abordagem metodológica que será realizada para complementação dos dados e parâmetros geotécnicos (mecânicos e hidráulicos) necessários, quando não obtidos por revisão bibliográfica ou trabalhos publicados até o momento.

3.2.1 CONCEITOS

PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO: representação gráfica dos tipos de solo e espessura de camadas que ocorrem abaixo do nível do terreno, incluindo a profundidade do nível d'água. O perfil geológico-geotécnico é construído a partir de investigações de campo;

INTEMPERISMO: processo de desgaste rochoso por meio de processos físicos e químicos;

ROCHA SÃ: agregados de um ou mais tipos de mineral que constituem unidades mais ou menos definidas da crosta terrestre. De maneira sucinta, são representados pela camada de material que não sofreu processo de intemperismo;

ROCHA ALTERADA: rocha que sofreu processo de intemperismo;

SAPROLITO: solo residual com características semelhantes à rocha de origem, frequentemente com partículas grossas e até fragmentos de rochas. Também chamado de solo de alteração de rocha;

SOLO RESIDUAL: formado pela decomposição e alteração local das rochas, sem que o material resultante seja transportado;

SOLO COLUVIONAR: formado pelo transporte do solo de seu local de origem pela gravidade;

SOLO ALUVIONAR: formado pelo transporte de solo pela água corrente e depositado ao longo dos rios;

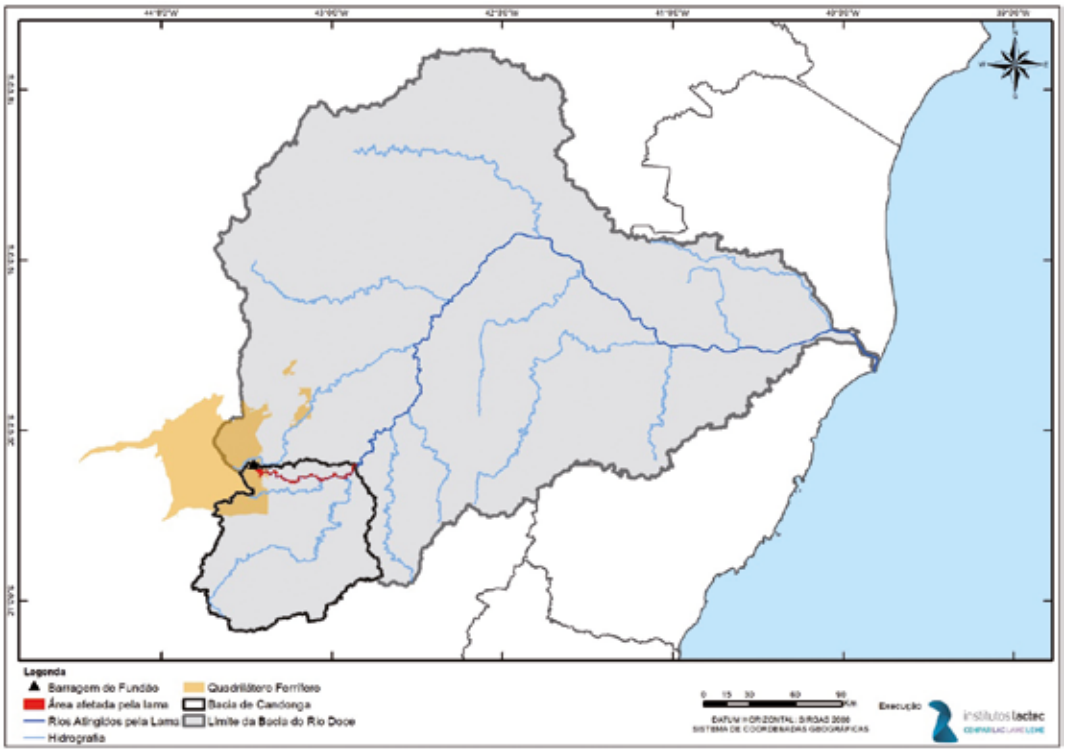
SOLO ORGÂNICO: solo formado pela mistura homogênea de matéria orgânica decomposta e de elementos de origem mineral, apresentando geralmente cor preta ou cinza escuro.

3.2.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Para a caracterização da linha-base, foi considerada como área de abrangência a bacia de Candonga, na qual está inserida a Área da Passagem e Deposição da Lama (APDL), conforme a Figura 90. Buscou-se na literatura, inicialmente, parâmetros geotécnicos obtidos a partir de resultados de ensaios de laboratório e de campo realizados antes da ruptura da barragem de Fundão para toda a bacia do rio Doce, assim como descrito no item 3.1. Ainda, foram levantados parâmetros geotécnicos de solos

e rochas obtidos após a ocorrência do desastre; porém, condicionados a estarem dentro da bacia de Candonga (delimitada com traço em negrito na Figura 90) e serem passíveis a correlações com os solos das áreas afetadas. Tais informações complementarão o texto do documento denominado linha-base e subsidiarão as análises definidas na parte introdutória deste item.

Figura 90 – Área de interesse para linha-base – bacia do rio Doce.



3.2.3 METODOLOGIA

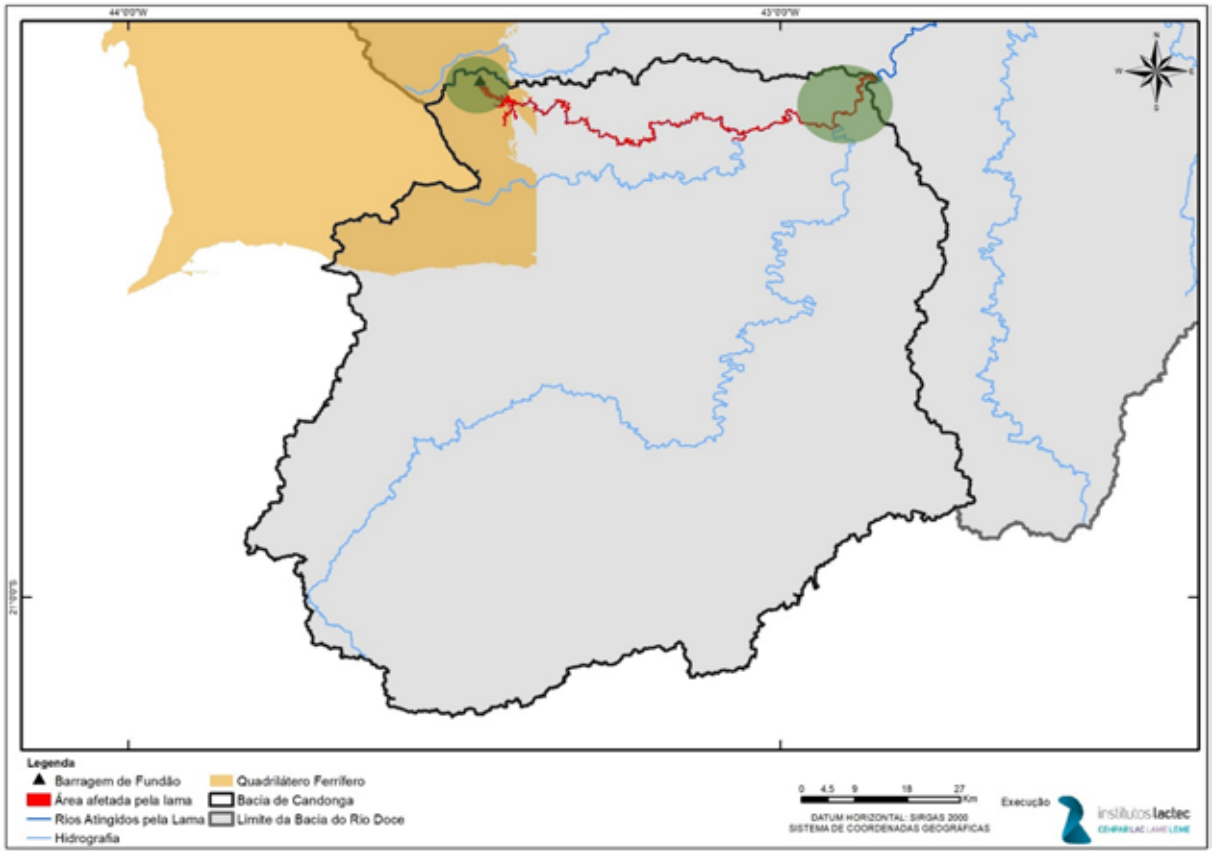
As metodologias para análise dos parâmetros geotécnicos foram definidas com base nos tipos de conjuntos amostrais obtidos (ensaios de adensamento unidimensional, ensaios triaxiais, ensaios de cisalhamento direto, sondagens de simples reconhecimento e sondagens mistas, ensaios de permeabilidade *in situ*). Por se tratarem de dados específicos e normalmente realizados para obras de grande porte, os resultados foram obtidos basicamente em relatórios emitidos por empresas contratadas pela Fundação Renova (nesse caso, contemplando somente dados pós-desastre), pela Samarco S.A., por empresas terceiras ou extraídos de trabalhos científicos realizados na área (nesses casos, contemplando dados pré e pós-desastre).

As características físicas (pesos específicos, granulometria) e os índices físicos, essenciais para o entendimento inicial do comportamento dos materiais, já foram apresentados no item anterior e serão utilizados pela geotecnia de maneira igual ao que foi apresentado no item 3.1 (Solos). As características geológicas-geotécnicas levaram em consideração todas as sondagens, ensaios e dados secundários levantados a partir de ensaios de campo de maneira que possibilitassem o entendimento da distribuição espacial das unidades geológicas-geotécnicas, bem como a definição de parâmetros médios (permeabilidade *in situ*, resistência à compressão e resistência à penetração). Foi realizada uma avaliação qualitativa para análise de perfis de solo e estatísticas para as informações referentes às propriedades

geológicas-geotécnicas, obtidas a partir de projetos de engenharia executados na bacia de Candonga e a partir da literatura (dissertações, artigos, trabalhos científicos etc.) (SETE, 2012; PACHECO, 2015; ALLONDA AMBIENTAL, 2017; COPPE, 2017; GEOCONTROLE, 2017; GOLDER ASSOCIATES, 2017; BVP ENGENHARIA, 2018; PATTROL, 2018). Na Figura 91 são apresentadas em verde as áreas em que foi passível a realização de análises dos ensaios e das investigações de campo para determinação da linha-base. Como é possível verificar, foram definidos perfis e características dos solos em regiões dentro do QF e fora, o que possibilita um entendimento mais amplo das condições geológicas-geotécnicas da área.

Por fim, para os dados mecânicos (resistência ao cisalhamento e parâmetros de deformabilidade) e hidráulicos (condutividade hidráulica em campo e laboratório) foram utilizados os valores obtidos em ensaios de laboratório levantados a partir de revisão bibliográfica para os diferentes tipos de material geotécnico.

Figura 91 – Localização dos pontos de investigação geotécnica dentro da bacia de Candonga.



3.2.4 RESULTADOS

Conforme descrito no item anterior, para a análise dos perfis geológicos-geotécnicos apresentados pela Geocontrole (2017) e BVP Engenharia (2017), os resultados analisados estão inseridos dentro do QF e dentro da bacia de Candonga.

Segundo os relatórios de investigações de campo realizados a partir de Sondagens de Simples Reconhecimento (SPT) e sondagens rotativas (GEOCONTROLE, 2017; BVP ENGENHARIA, 2017), o perfil geológico-geotécnico da região analisada, que está inserida dentro do QF, é composto basicamente por topos rochosos ou rochas aflorantes de filito (rocha de origem) com ocorrência ocasional de camadas intercaladas de quartzitos ou veios de quartzo e saprolitos originários da intemperização da rocha de origem. Para as duas formações foram obtidos baixos parâmetros de resistência à compressão e elevado grau de faturamento. Quando analisados os resultados e as características dos testemunhos das sondagens com valores característicos para resistência de rochas (ISRM, 1981), grau de alteração (ABGE, 2013) e grau de faturamento (IAEG, 1981), têm-se os valores médios apresentados na Tabela 22. Ainda, para o caso dos saprolitos com alterações A5 (ABGE, 2013), foram realizados ensaios SPT com obtenção da resistência à penetração (N_{SPT}). Nesses casos, os valores foram variados e o intervalo obtido está apresentado na tabela citada, sendo que, de maneira geral, quanto mais próximo do solo residual, ou seja, mais intemperizado, menores foram os valores obtidos de N_{SPT}.

Acima da rocha intemperizada ou horizonte de solo definido como saprolito, como citado no parágrafo anterior, há ocorrência de solos coluvionares e/ou residuais de resistência à penetração variada e espessuras de até 6 metros. Para os solos residuais, os resultados de resistência à penetração foram variados e, de maneira geral, aumentam à medida que a profundidade se eleva. Fato esse caracterizado pelo aumento da resistência à penetração decorrente da menor intemperização à medida que se aproxima do saprolito. No caso dos solos coluvionares, quando não foram registrados valores de N_{SPT} após o primeiro metro, considerou-se o avanço do amostrador somente com o peso do martelo, quando apresentados os valores – os mesmos estão contidos entre os limites apresentados na Tabela 22. Por fim, o nível d'água identificado nas investigações de campo em questão apresentou variações significativas, sendo que para cotas elevadas (Z = ±850 m) os valores de nível d'água identificados estão na ordem de 25 metros de profundidade, ao passo que em cotas menos elevadas (Z = ±815 m) os valores identificados foram da ordem de 12 metros de profundidade, ora identificados na camada de filito, ora na camada de saprolito.

Para a caracterização do perfil geológico-geotécnico da APDL, foram analisadas 22 sondagens entre mistas e de simples reconhecimento apresentadas por Allonda Ambiental (2017) e que estão localizadas a jusante da barragem de Fundão, na região da UHE Risoleta Neves. Nos boletins de sondagens, é possível identificar a ocorrência de três tipos característicos de material: solos coluvionares/aluvionares; solos de alteração (nesse caso, não houve a distinção entre os perfis de saprolito e solo residual) e maciço rochoso.

O maciço rochoso tem como característica topos rochosos com cotas variando de acordo com a topografia da região, fora do QF e dentro de Candonga. Ainda, nos ensaios de campo, foram obtidos valores elevados (10^{-6} cm/s) de condutividade hidráulica, os quais estão vinculados principalmente ao alto grau de faturamento e de alteração da rocha. À medida que forem consideradas maiores profundidades para as investigações de campo, possivelmente os valores de condutividade tenderão a diminuir na proporção que reduzirem os fraturamentos, e principalmente quando os efeitos de alteração devido ao intemperismo decorrentes do processo natural do meio não forem tão significativos.

A camada de solo de residual, formada a partir do intemperismo da rocha de origem citada acima, é formada em grande parte por saprolito com características físicas de solos arenosos. Ao longo da camada foram identificadas ocorrências, assim como no caso analisado anteriormente, de “veios” de quartzo e blocos de rocha, resultantes da rocha de origem e uma maior dispersão considerável nos valores de N_{SPT}. Nesse caso, os primeiros metros de solo residual (próximo ao solo coluvionar e com maior interferência de intempéries) apresentam valores de N_{SPT} da ordem de 8 a 19 e, à medida que aumentam as profundidades, esse valor aumenta até 40. De maneira geral, os níveis do lençol freático (NA) foram identificados nessa camada de solo residual, sendo que o NA sempre próximo ou no contato entre a camada de solo residual e coluvionar/aluvionar, e mais próximo à superfície à medida que as sondagens se aproximavam da calha do rio, no entanto não foram obtidos dados de ensaios de campo realizados às margens do rio em datas anteriores ao desastre.

A camada de solo coluvionar/aluvionar citada no parágrafo anterior, sobrepôs todas as camadas anteriores e está distribuída ao longo de toda a região investigada próximo à UHE Risoleta Neves, sendo sua espessura variada e inserida nos intervalos de 1 a 5 metros, de acordo com o local onde ocorreu a investigação. O solo coluvionar/aluvionar é composto basicamente por argila siltosa resultante de movimentações por gravidade ou pelo transporte dos sedimentos do rio, tendendo a se depositar nas cotas mais baixas, próximo às inseridas nas várzeas. Para esse tipo de solo, na maioria das seções investigadas, os valores de N_{SPT} foram da ordem de 3 a 8, como pode ser observado na Tabela 23.

Por fim, a partir das investigações geológicas-geotécnicas realizadas, foi possível identificar a presença de três tipos distintos de materiais principais: solos coluvionares/aluvionares, solos de alteração (incluindo nesse grupo os solos residuais e saprolitos) e o maciço rochoso. Não foi de interesse na avaliação dos perfis descrever a ocorrência de camadas de aterro ou material oriundo de obras civis, esses locais devem ser tratados e analisados pontualmente, quando de interesse ao diagnóstico. Justifica-se essa decisão uma vez que essas camadas de material lançado não caracterizaram a bacia ou a região, mas sim uma pequena área onde houve a ação antrópica. Nesse sentido, os valores e parâmetros médios apresentados nas Tabela 22 e Tabela 23, os quais trazem uma caracterização geral dos perfis e tipos de solo ocorrentes na região da bacia de Candonga, subsidiarão as análises geotécnicas futuras. Nas Figura 92 e Figura 93, são apresentados os perfis esquemáticos obtidos com base nos parâmetros geotécnicos médios.

Tabela 22 – Informações geotécnicas médias e perfis geológicos-geotécnicos obtidos a partir de ensaios de campo realizados nas áreas dentro do QF e dentro de Candonga.

Descrição	Descrição litológica	Resistência média[1] (MPa)	Alteração[2]	Fraturamento[3]	N_{SPT}	Espessura média (m)	Condutividade hidráulica (cm/s)
Rocha de origem	Filito	R1 a R2	A3 a A4	F3 a F4	Não se aplica	Limite de sondagem	$\leq 10^{-5}$ [4]
Saprolito	Alteração da rocha de origem com formação de solo silto argiloso	Não se aplica	A5	-/-	> 16	± 10,00	10^{-5}
Solos residuais	Alteração da rocha de origem com formação de solo silto argiloso	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	<5	1,00 a 2,00	-/-
Solos coluvionares	Solo argilo-arenoso com fragmentos de quartzo e presença de matéria orgânica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	3 a 12	1,00 a 2,00	-/-

Notas: [1] Resistência de rochas definida com base em ISRM (1981).
[2] Grau de alteração definido com base em ABGE (2013).
[3] Grau de faturamento definido com base em IAEG (1981).
[4] SETE (2012) cita valores da ordem de 10^{-7} para rochas utilizadas nas análises de cálculo de fundações.

Fonte: Adaptada de Sete (2012), Geocontrole (2017) e BVP Engenharia (2017).

www.institutoslactec.org.br

Tabela 23 – Informações geotécnicas médias e perfis geológico-geotécnicos obtidos a partir de ensaios de campo realizados nas áreas fora do QF e dentro de Candonga.

Descrição	Descrição litológica	Resistência média[1] (MPa)	Alteração[2]	Fraturamento[3]	N_{SPT}	Espessura média (m)	Condutividade hidráulica (cm/s)
Rocha de origem	Filito	-/-	A3 a A4	F3 a F4	Não se aplica	Limite de sondagem	$\leq 10^{-5}$ [4]
Solos residuais	Solos areno-siltosos a areno-argilosos	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	8 a 40	3,00 a 15,00	$\pm 10^{-6}$ [6]
Solos coluvionares/ aluvionares	Solo silte argiloso	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	3 a 8[5]	1,00 a 5,00	-/-

Notas: [1] Resistência de rochas definida com base em ISRM (1981).
[2] Grau de alteração definido com base em BVP Engenharia (2017).
[3] Grau de faturamento definido com base em IAEG (1981).
[4] SETE (2012) cita valores da ordem de 10^{-7} para rochas utilizadas nas análises de cálculo de fundações
[5] Não se aplicam esses valores para camadas espessas de material transportado. Para algumas sondagens específicas como SM-09 (ALLONDA AMBIENTAL, 2017), foram obtidos valores de NSPT na ordem de 7 a 18 golpes.
[6] Obtidos pela média dos valores da Tabela 29.

Fonte: Adaptada de Sete (2012), Allonda Ambiental (2017) e Pattrol (2018).

Figura 92 – Perfil geológico-geotécnico típico da região dentro do QF e dentro de Candonga.

Classificação	Descrição Litológica	Classe de alteração	Perfil de intermperismo	Espessura Média (m)	Nspt	Resistência Média (MPa)	Fraturamento	Condutividade Hidráulica (cm/s)
Solos Coluvionares	Solo argilo arenoso com fragmentos de quartzo e presença de matéria orgânica	---		1,00 a 2,00	3 a 12	Não se aplica	Não se aplica	-/-
Solos Residuais	Alteração da rocha de origem com formação de solo silto argiloso	---	zona de transição entre camadas	1,00 a 2,00	<5	Não se aplica	Não se aplica	-/-
Saprolito	Alteração da rocha de origem formação de solo silto argiloso	A5	zona de transição entre camadas	±10,00	>16	Não se aplica	-/-	$\leq 10^{-5}$
Rocha de Origem	Filito	A3 e A4	zona de transição entre camadas	Limite de sondagem	Não se aplica	R1 a R2	F3 a F4	$\leq 10^{-5}$

www.institutoslactec.org.br

Figura 93 – Perfil geológico-geotécnico típico da região fora do QF e dentro de Candonga.

Classificação	Descrição Litológica	Classe de alteração	Perfil de intermperismo	Espessura Média (m)	Nspt	Resistência Média (MPa)	Fraturamento	Condutividade Hidráulica (cm/s)
Solos Coluvionares/ Aluvionares	Solo silte argiloso	---		1,00 a 5,00	3 a 8	Não se aplica	Não se aplica	-/-
Saprolito	Solos areno siltosos a areno argilosos	---	zona de transição entre camadas	3,00 a 15,00	8 a 40	Não se aplica	Não se aplica	$\leq 10^{-6}$
Rocha de Origem	Filito	A3 e A4	zona de transição entre camadas	Limite de sondagem	Não se aplica	-/-	F3 a F4	$\leq 10^{-5}$

Para os solos superficiais (incluem-se os solos coluvionares e residuais), de principal importância para as análises geotécnicas, foram avaliados também os parâmetros mecânicos (intercepto coesivo, ângulo de atrito e coeficientes de deformabilidade) e hidráulicos (condutividade hidráulica), obtidos a partir de trabalhos e relatórios de ensaios de laboratório emitidos por terceiros.

No caso dos parâmetros de resistência ao cisalhamento, foram avaliados ensaios de cisalhamento direto, ensaios triaxiais adensados isotropicamente e drenados e ensaios triaxiais adensados isotropicamente e não drenados, realizados em amostras indeformadas coletadas na camada de solo residual e reavaliados os ensaios de adensamento unidimensional e de permeabilidade à carga variável apresentados nos relatórios (ALLONDA AMBIENTAL, 2017; PATTROL, 2018).

Os parâmetros mecânicos e hidráulicos citados anteriormente são fundamentais para a complementação do banco de dados geotécnico, uma vez que esses parâmetros são normalmente utilizados para as análises de deformabilidade, estabilidade e capacidade de carga para fins da engenharia. Os ensaios dentro da bacia de Candonga, no entanto fora do QF, estão inseridos na área delimitada na Figura 91.

Na Tabela 24, são apresentados os resultados dos ensaios triaxiais adensados isotropicamente drenados (CID) e na Tabela 25 os resultados dos ensaios triaxiais adensados isotropicamente não drenados (CIU), para os solos residuais que constituem a bacia de Candonga. Os ensaios triaxiais CID apresentaram valores de intercepto coesivo (c') entre o intervalo de 0 a 40 kPa e para o ângulo de atrito interno (ϕ') valores compreendidos entre 22° e 42°. Ainda, para os ensaios triaxiais CIU, foram obtidos valores em termos efetivos para o intercepto coesivo, o qual variou entre 0 e 20 kPa e, para o ângulo de atrito interno, a variação foi de 27° a 35°. Por fim, nos parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de resultados de ensaio de cisalhamento direto, o ângulo de atrito interno variou de 24° a 42° e, para o intercepto coesivo **à** dispersão dos resultados, foi um pouco superior aos valores obtidos nos ensaios triaxiais, sendo que esse parâmetro variou entre 0 e 55 kPa. Na

Tabela **26**, são apresentados os resultados obtidos a partir das buscas realizadas nos trabalhos e relatórios consultados (ALLONDA AMBIENTAL, 2017; PATTROL, 2017). Esses parâmetros darão subsídios às análises de estabilidade de encostas e taludes propostas no parágrafo introdutório deste item.

Tabela 24 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de ensaios triaxiais consolidados drenados isotropicamente (CID).

Identificação	Peso específico natural médio (g/cm³)	Teor de umidade natural (%)	Tensão efetiva	
			c' (kPa)	ϕ' (°)
BL.008-009-BL-01	1,706 (1)	35,97	11,8	29,5
BL.009-010-BL-02	1,319	24,84	0,0	29,6
BL.005-006-BL-01	1,655	16,71	12,0	22,7
BL.006-007-BL-02	1,282	25,99	14,8	26,2
BL.007-008-BL-03	1,487	11,99	9,0	32,9
PI-05 B	-/-	-/-	20	32,0
PI-07 -B	-/-	-/-	15	32
AMOSTRA 2	-/-	-/-	0	24
AMOSTRA 3	-/-	-/-	40	42

Notas: (1) Avaliar com cautela os valores apresentados no relatório de Pattrol (2017).
(-/-) Não informado no relatório original.

Fonte: Adaptado de Allonda Ambiental (2017) e Pattrol (2017).

Tabela 25 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de ensaios triaxiais consolidados não drenados isotropicamente (CIU).

Identificação	Tensão efetiva	
	c' (kPa)	ϕ' (°)
PI-05 B [(1)]	10	32
PI-07 B	5	35
P1-DI-OE	0	30
P2-DI-OE	20	30
P3-DI-OD	5	29
P1-DP-OD	10	27
P1-DP-OE	0	33

Nota: [(1)] Avaliar com cautela o resultado obtido devido ao formato apresentado para as envoltórias de Mohr-Coulomb.

Fonte: Allonda Ambiental (2018) e Pattrol (2017).

Tabela 26 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento obtidos a partir de ensaios de cisalhamento direto.

Identificação	Tensão efetiva	
	c' (kPa)	ϕ' (°)
BL.008-009-BL-01	55	32
BL.009-010-BL-02	44	28
BL.005-006-BL-01	2	30
BL.006-007-BL-02	23	27
BL.007-008-BL-03	17	33
P1-DI-OE	0	42
P2-DI-OE	0	41
P3-DI-OD	0	33
P1-DP-OD	0	40
P1-DP-OE	0	36
AMOSTRA 2	0	24
AMOSTRA 3	0	42

Fonte: Allonda Ambiental (2018) e Pattrol (2017).

Por fim, foram avaliados os parâmetros obtidos nos ensaios de adensamento unidimensional, nos quais, além dos parâmetros de deformabilidade, foram avaliados os parâmetros obtidos em ensaios de condutividade hidráulica no adensamento. Na Tabela 27, estão apresentados os valores de coeficiente de compressibilidade ou índice de compressão (Cc), o qual teve variação de 0,15 a 0,49 e média próxima a 0,3 (adimensional); e a tensão de pré-adensamento (σa) com valor médio próximo a 120 kPa. Na Tabela 28, estão apresentados os valores de coeficiente de adensamento (c_v), com base nas pressões exercidas durante a realização do ensaio, o qual variou de acordo com a tensão aplicada ao longo de cada etapa, no entanto com valores próximos a 10^{-2}cm²/s. Os parâmetros de adensamento supracitados e apresentados nas tabelas a seguir auxiliarão nas análises de recalques e adensamentos do solo decorrentes da deposição do rejeito na superfície do terreno após a ocorrência do desastre.

Tabela 27 – Parâmetros obtidos a partir de ensaios de adensamento.

Identificação	Coeficiente de compressibilidade (Cc)	Tensão de pré-adensamento (kPa)
BL.008-009-BL-01	0,15	171,00
BL.009-010-BL-02	0,32	142,10
BL.005-006-BL-01	0,23	85,20
BL.006-007-BL-02	0,49	149,50
BL.007-008-BL-03	0,27	54,80

Fonte: Pattrol (2017).

Tabela 28 – Parâmetros de coeficiente de adensamento cv (cm²/s).

Pressão (kPa)	Coeficiente de adensamento c_v (cm²/s)				
	BL.008-009-BL-01	BL.009-010-BL-02	BL.005-006-BL-01	BL.006-007-BL-02	BL.007-008-BL-03
5,00	$0,0 \times 10^{0}$ (1)	$9,23 \times 10^{-2}$	$8,44 \times 10^{-2}$	$7,88 \times 10^{-2}$	$3,06 \times 10^{-1}$
10,00	$3,16 \times 10^{-1}$	$8,61 \times 10^{-2}$	$6,74 \times 10^{-2}$	$4,48 \times 10^{-2}$	$5,44 \times 10^{-2}$
20,00	$2,86 \times 10^{-1}$	$1,35 \times 10^{-1}$	$7,47 \times 10^{-2}$	$6,77 \times 10^{-2}$	$1,14 \times 10^{-1}$
40,00	$3,60 \times 10^{-1}$	$1,96 \times 10^{-1}$	$1,35 \times 10^{-1}$	$1,52 \times 10^{-2}$	$7,90 \times 10^{-2}$
79,50	$5,81 \times 10^{-1}$	$3,15 \times 10^{-1}$	$1,97 \times 10^{-1}$	$1,77 \times 10^{-2}$	$1,77 \times 10^{-1}$
159,00	$8,39 \times 10^{-1}$	$7,24 \times 10^{-1}$	$3,89 \times 10^{-1}$	$1,48 \times 10^{-1}$	$2,06 \times 10^{-1}$
318,00	$1,11 \times 10^{0}$	$4,17 \times 10^{-1}$	$4,75 \times 10^{-1}$	$1,40 \times 10^{-1}$	$3,99 \times 10^{-1}$
636,00	$9,31 \times 10^{-1}$	$8,27 \times 10^{-1}$	$5,01 \times 10^{-1}$	$3,10 \times 10^{-1}$	$6,27 \times 10^{-1}$

Nota: (1) Desconsiderado por não ser um valor significativo.

Fonte: Pattrol (2017).

Por fim, na Tabela 29, são apresentados os resultados obtidos nos ensaios de permeabilidade à carga variável no adensamento, para a obtenção do coeficiente de permeabilidade (K_v). Sabe-se que este é um dado secundário extraído do ensaio de adensamento unidimensional e deve ser avaliado considerando as condições de campo. Os resultados apresentaram valores médios de 10^{-6} cm/s, compatíveis com o tipo de amostra ensaiada e identificada nos perfis geológicos-geotécnicos. Os valores médios de condutividade hidráulica serão utilizados para embasar as análises de fluxo subsuperficial e rupturas hidráulicas dos taludes ao longo do rio Doce.

Tabela 29 – Parâmetros de coeficiente de permeabilidade k_v (cm/s).

Pressão (kPa)	Coeficiente de permeabilidade k_v (cm/s)				
	BL.008-009-BL-01	BL.009-010-BL-02	BL.005-006-BL-01	BL.006-007-BL-02	BL.007-008-BL-03
5,00	$0,00 \times 10^{0}$ (1)	$4,31 \times 10^{-6}$	$5,94 \times 10^{-6}$	$8,07 \times 10^{-6}$	$1,33 \times 10^{-5}$
10,00	$3,66 \times 10^{-6}$	$5,56 \times 10^{-6}$	$6,79 \times 10^{-6}$	$6,61 \times 10^{-6}$	$4,30 \times 10^{-5}$
20,00	$3,36 \times 10^{-6}$	$1,18 \times 10^{-5}$	$9,49 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$8,96 \times 10^{-5}$
40,00	$3,40 \times 10^{-6}$	$8,48 \times 10^{-6}$	$8,96 \times 10^{-6}$	$1,09 \times 10^{-5}$	$9,17 \times 10^{-6}$
79,50	$9,03 \times 10^{-6}$	$8,90 \times 10^{-6}$	$9,63 \times 10^{-6}$	$9,81 \times 10^{-5}$	$1,02 \times 10^{-5}$
159,00	$5,55 \times 10^{-6}$	$1,24 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-5}$	$5,86 \times 10^{-6}$	$7,97 \times 10^{-6}$
318,00	$4,48 \times 10^{-6}$	$7,62 \times 10^{-6}$	$7,97 \times 10^{-6}$	$5,41 \times 10^{-6}$	$9,19 \times 10^{-6}$
636,00	$3,85 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$6,10 \times 10^{-6}$	$9,00 \times 10^{-6}$	$9,05 \times 10^{-6}$
Média aproximada	$\mathbf{10^{-6}}$	$\mathbf{10^{-6}}$	$\mathbf{10^{-6}}$	$\mathbf{10^{-6}}$	$\mathbf{10^{-5}}$

Nota: (1) Desconsiderado no valor da média de condutividade hidráulica.

Fonte: Pattrol (2017).

3.2.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA LINHA-BASE PÓS-DESASTRE

Para o fechamento da linha-base e realização do diagnóstico do dano ambiental, faz-se necessária ainda a determinação de alguns parâmetros não obtidos nos trabalhos e relatórios que foram analisados e apresentados ao longo deste item, principalmente de parâmetros específicos à análise do dano decorrente da ruptura da barragem de Fundão. Para isso, serão definidas seções de estudo ao longo da calha do rio com definição do perfil (investigações de campo) e coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo (ABNT NBR 9604:2016). Essas seções serão situadas em locais a serem definidos, com maior incidência de depósito de material oriundo da ruptura da barragem, bem como em áreas de declividade elevada, o que propicia a movimentação de solo e a erodibilidade devido à velocidade e vazão do escoamento superficial.

A seguir estão apresentados sucintamente os ensaios complementares, no que diz respeito ao comportamento mecânico e hidráulico, a serem realizados para a complementação do banco de dados necessário para a realização do diagnóstico do dano.

3.2.5.1 Avaliação do potencial de erosão hídrica em solos

3.2.5.1.1 *Ensaio de Inderbitzen*

O objetivo deste ensaio é determinar em laboratório a erosão em um talude para certas condições de escoamento superficial de água (INDERBITZEN, 1961), permitindo considerar fatores como a compactação relativa do solo, inclinação, vazão e duração do escoamento. Por se tratar de um ensaio sem norma nacional ou internacional, foi definido um procedimento interno no Lactec, o qual foi aprovado pelo sistema de qualidade e os resultados comparados através de um intralaboratorial realizado. Para a definição dos procedimentos de ensaio foram utilizados como base a dissertação de Chamecki (2002) e alguns trabalhos complementares (INDERBITZEN, 1961; BRASIL, 1979; FÁCIO, 1991; FONSECA; FERREIRA, 1981; LEMOS, 2002; SANTOS, 1997; BASTOS, 1999).

Serão realizados ensaios de Inderbitzen em amostras indeformadas de solos residuais e coluvionares. Os resultados obtidos, vinculados com a inclinação das seções críticas definidas para as análises, e os índices pluviométricos subsidiaram as análises de erodibilidade e trarão informações de recargas de material (substâncias e partículas) no rio Doce, devido ao carreamento de partículas pelo escoamento superficial.

3.2.5.1.2 *Pinhole Test*

Este ensaio tem como objetivo a obtenção de uma medida direta e qualitativa da dispersibilidade de solos argilosos, pelo fluxo de água através de um pequeno furo realizado axialmente, através de um corpo de prova, e auxilia na avaliação qualitativa do potencial de erodibilidade dos materiais, principalmente no que diz respeito à ocorrência de erosão interna do maciço de terra, seja ele um aterro ou um talude. O ensaio será realizado conforme preconiza a norma brasileira ABNT NBR 14114 (1998).

3.2.5.2 Massa específica natural ou densidade aparente

A determinação da massa específica natural das amostras será realizada conforme procedimento interno do laboratório de geotecnia, do Lactec, o qual segue as instruções previstas na norma

brasileira ABNT MB 2887/1988, a qual se encontra cancelada. O parâmetro obtido através desse ensaio é essencial e subsidiará as análises numéricas de fluxo e estabilidade, bem como é base para os cálculos de tensões efetivas e totais necessários para a avaliação do comportamento dos solos no que diz respeito à deformabilidade e capacidade de suporte.

3.2.5.3 Limites de consistência do solo

3.2.5.3.1 Limites de Atterberg

A complementação da caracterização física dos solos será realizada com a determinação dos limites de Atterberg. Esses valores são determinados a partir dos teores de umidade do solo, os quais indicam a passagem de uma condição do material do estado sólido para outro (líquido e plástico). Para isso são realizados dois ensaios, Limites de Liquidez (LL) e de Plasticidade (LP), seguindo as recomendações das normas ABNT NBR 6459:2016 e ABNT NBR 7180:2016, respectivamente.

3.2.5.4 Dispersão do solo

3.2.5.4.1 *Crumb test*

Este procedimento descreve o método para avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio do torrão, também conhecido como *crumb test*, ou como ensaio de dispersão rápida. A avaliação é realizada através de observações visuais em torrões do material, imersos em água destilada, e, conforme o seu comportamento, o solo, rejeito ou sedimentos são classificados como dispersivo ou não dispersivo. O ensaio será realizado conforme o que preconiza a norma brasileira ABNT NBR 13601:1986.

3.2.5.4.2 *Ensaio de dispersão SCS*

O ensaio irá avaliar a dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo ou também conhecido como ensaio de dispersão SCS. É um ensaio semelhante ao ensaio de granulometria normatizado pela ABNT NBR 7181:2016, porém não são utilizados a agitação mecânica nem o agente dispersante (defloculante), no processo de sedimentação. A comparação entre os resultados, entre os dois métodos de ensaio, fornece uma medida da dispersibilidade de solos argilosos. Essa dispersibilidade é resultado de um fenômeno que ocorre quando as forças de repulsão entre as partículas individuais de argila sobrepujam as forças de atração, de modo que, em contato com água, essas partículas são progressivamente destacadas da massa de argila e formam uma suspensão. Caso haja fluxo de água, as partículas dispersas são carreadas, dando início à ocorrência do fenômeno conhecido como erosão interna (*piping*) por dispersão.

3.2.5.5 Curva de retenção de água

O objetivo deste ensaio é determinar as curvas características de sucção do solo para avaliação do comportamento não saturado do solo residual e coluvionar. Os ensaios serão realizados com base no que é preconizado pela norma americana ASTM D5298-16 e descrito por Moncada (2004) em sua dissertação. Os resultados obtidos nesse ensaio darão subsídios para as análises de fluxo em condições saturadas e avaliarão o comportamento não saturado dos solos superficiais e do material depositado,

essencial para a análise de capacidade de água disponível a partir da determinação da umidade na capacidade de campo e ponto de murcha permanente e da densidade do solo, a qual tem interferência direta no crescimento da vegetação.

3.3 FLORA

Neste relatório de linha-base, será realizada a caracterização fitofisionômica da vegetação, buscando reconhecer a cobertura vegetal anterior ao dia 5 de novembro de 2015, data em que a barragem de disposição de rejeitos de minério de ferro, conhecida como barragem de Fundão, rompeu no município de Mariana, estado de Minas Gerais.

3.3.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Para a elaboração deste relatório, foram utilizados dados secundários provenientes de estudos localizados nas proximidades do rio. A maior parte desses estudos foi desenvolvida dentro de Unidades de Conservação (UCs), como a Reserva Natural da Vale e o Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Esses dados foram levados em consideração para obter uma abordagem tática da qualidade da vegetação ao longo do rio. Entretanto, o fato de os estudos nem sempre estarem posicionados às margens do rio dificulta o estabelecimento de uma listagem consistente de espécies ou mesmo a quantificação de indivíduos que podem ter sido atingidos pelo desastre, salvo nas áreas onde foi possível delimitar a área de passagem e deposição de lama.

3.3.2 METODOLOGIA

3.3.2.1 Levantamento de dados secundários

Devido à grande extensão da área de estudo, a caracterização da vegetação teve início por meio da busca por imagens aéreas, mapas temáticos e outras bibliografias que auxiliassem na identificação das tipologias vegetais existentes.

Para a classificação da vegetação que ocorre ao longo da área afetada pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, município de Mariana, foi adotado o *Manual técnico da vegetação brasileira*, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012). O referido manual utiliza o sistema fisionômico-ecológico para estabelecer as classificações da vegetação, o que, segundo o IBGE, delimita uma região:

> que corresponde a um tipo de vegetação que deve ser inicialmente separada por **classe de formação**, que corresponde à estrutura fisionômica determinada pelas formas de vida vegetal dominantes, podendo ser florestal (dominada por macrofanerófitos e mesofanerófitos) e não florestal (dominada por microfanerófitos, nanofanerófitos, caméfitos, hemicriptófitos, geófitos e terófitos). (IBGE, 2012).

A pesquisa também contou com dados obtidos em plataformas *on-line*, como o zoneamento ecológico-econômico do estado de Minas Gerais; os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do estudo de uso e ocupação do solo em moderada resolução espacial (10 m) da bacia do rio Doce (2013-2014); a plataforma *on-line* i3Geo do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2017) do Espírito Santo; os dados da cobertura vegetal da Mata Atlântica (2013-2014)

da Fundação SOS Mata Atlântica; e a plataforma *on-line* do Atlas Digital Geoambiental do Instituto Prístino para os Municípios de Minas Gerais (INSTITUTO PRÍSTINO, 2017a).

Especificamente, para a elaboração do mapa da cobertura vegetal na área de estudo (Apêndice G), foi utilizado para o Espírito Santo: o mapa da cobertura vegetal nativa e do uso das terras, em escala 1/25.000, do estado do Espírito Santo, elaborado pelo IEMA, entre 2007-2008, e os dados de cobertura vegetal oriundos da base de dados do *site* do Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE/MG).

Para obtenção dos dados sobre a flora, foram consultadas várias bibliografias, entre elas, publicações em periódicos, teses, dissertações, planos de manejo, artigos e resumos. Entre as pesquisas sobre a flora do Espírito Santo se destaca: *Fitogeografia do estado do Espírito Santo*, escrito por Ruschi (1950, 1972); e também as pesquisas de: Thomaz e Monteiro (1997); Kollmann (2003); Sobral (2006); Garay e Rizzini (2003); Kollmann e Fontana (2006); Assis (2007); Simonelli e Fraga (2007); Simonelli et al. (2008a,b); Araujo, Pereira e Peixoto (2008), entre outros.

Paralelamente, foi elaborada uma lista de espécies já registradas nas plataformas Reflora e SiBBr com o objetivo de obter uma relação prévia das espécies possivelmente encontradas nas matas ciliares do rio Doce (Apêndice H). A listagem foi feita considerando a ocorrência das espécies em uma margem de 1 km da calha do rio e os resultados foram posteriormente refinados na tentativa de filtras sinonímias, registros duplicados e descrições incompletas.

Os dados obtidos sobre a composição da vegetação antes do rompimento da barragem de Fundão servirão como comparativo para a situação posterior ao desastre, auxiliando na identificação dos danos à cobertura vegetal.

3.3.3 RESULTADOS

As informações coletadas nas referências consultadas apresentam, de forma mais abrangente, aspectos gerais da flora e vegetação do bioma Mata Atlântica e da bacia do rio Doce, como limites geográficos, histórico de ocupação, áreas prioritárias para conservação e fitofisionomias. De modo mais específico, alguns desses estudos analisam a ocorrência de famílias, gêneros e espécies nos locais de interesse.

3.3.3.1 Domínio Fitogeográfico da Mata Atlântica

Em âmbito nacional, a área objeto de estudo encontra-se inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Figura 94), conforme o Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428, de 2006 (IBGE, 2008). Segundo o Decreto Federal nº 750/1993, considera-se:

> Mata Atlântica as formações florestais e ecossistemas associados, inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações e denominações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE: Floresta Ombrófila Densa Atlântica; Floresta Ombrófila Mista; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; manguezais; restingas; campos de altitude; brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste. (BRASIL, 1993).

A bacia do rio Doce compreende uma área de aproximadamente 87.000 km^2 e está coberta por formações florestais e campestres sob o Domínio Fitogeográfico da Mata Atlântica. A bacia está situada ao longo dos 4 graus de latitude, desde os 17° S aos 21° S; alcançando uma extensão longitudinal

máxima de 4° (39° W a 43° W). As fitofisionomias também estão sob influência da combinação de fatores fisiográficos, como, por exemplo: áreas de mamelonização extensiva; decomposição de rochas cristalinas; convexização em níveis intermontanos; planícies meândricas e com predominância de depósitos finos nas calhas aluviais; e superposição de solos (AB'SÁBER, 2003). O regime pluviométrico na bacia é caracterizado por dois períodos bem distintos. No período chuvoso a precipitação total varia de 800 a 1.500 mm que se estende de outubro a março, com maiores índices no mês de dezembro; e no período seco a precipitação varia de 175 a 400 mm e se estende de abril a setembro, com estiagem mais crítica de junho a agosto (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a). Essa alta heterogeneidade ambiental é que contribui para explicar a riqueza biológica quando comparados com outros domínios fitogeográficos. Saiter et al. (2015) informam que a precipitação e as variáveis associadas à temperatura são importantes para explicar a distribuição de espécies arbóreas na bacia do rio Doce.

Figura 94 – A área de estudo (em vermelho) está sob o Domínio Fitogeográfico da Mata Atlântica (em verde).



Nota: Bacia Hidrográfica do Rio Doce (Limite azul) e seus principais cursos d'água (em azul); e o Domínio Fitogeográfico Cerrado (marrom).

Fonte: IBGE (2008).

3.3.3.2 Histórico da ocupação na bacia do rio Doce e o desflorestamento

A vegetação atual é reflexo de vários ciclos econômicos de exploração da bacia do rio Doce ao longo do tempo. Segundo Hirsch et al. (2003), o processo de exploração dos recursos naturais disponíveis na bacia do rio Doce se iniciou em meados do século XVIII, passando por diferentes ciclos econômicos, desde a mineração do ouro, monocultura do café, cultivo da cana-de-açúcar e criação de gado associada com outras atividades agropecuárias. Portanto, há pelo menos 300 anos de exploração dos recursos naturais existentes nessa região e, consequentemente, nesse período houve diferentes processos de desmatamento para auxiliar o desenvolvimento desses ciclos econômicos.

Um exemplo dessa exploração foi o que aconteceu com a Mata Atlântica no solo capixaba, que cobria originalmente quase 90% do seu território, e que ao longo dos anos foi sendo reduzida durante sucessivos ciclos econômicos. Esse processo foi acelerado significativamente em função do cultivo do café e de um ciclo de exploração de madeira que perdurou por mais de meio século, agravando-se no início da década de 1960, quando o Espírito Santo foi uma das principais fontes de madeira para construção de Brasília. Para exemplificar toda essa exploração, somente em 1964 existia apenas na região norte capixaba 1.500 serrarias em funcionamento. No trecho entre Vitória e Linhares, havia 124 serrarias produzindo pranchões e dormentes para ferrovia. A indústria da madeira, em 1959, empregava 25% da mão de obra da indústria estadual. Estima-se que hoje a cobertura de florestas naturais seja pouco superior a 8% do território capixaba (ALMEIDA, 2000). O incremento industrial ocorrido no Espírito Santo a partir dos anos de 1970 se deu em virtude da chegada de novos polos industriais ao estado, como os de siderurgia, celulose e petróleo (BITENCOURT, 1987). Nesse período ocorreu o plantio de milhares de quilômetros quadrados de eucalipto. O desmatamento no estado ocorreu de forma galopante, se pensarmos que no final de 1920 somente 28,6% estava ocupado (BITENCOURT, 1987).

Machado (1995) destaca que a partir de 1910 houve uma intensificação das atividades de supressão de vegetação nativa na bacia, muito por conta da implantação da lavoura do café cultivado em áreas de encosta, sendo este considerado o primeiro grande estágio de desmatamento da região. Em 1940, a partir do momento em que o ciclo econômico do café começou a enfraquecer, houve outro estágio também intenso de desmatamento, nesse momento para converter áreas de florestas nativas em pastagens para atividade pecuária. Em meados de 1950, extensivas áreas de florestas da região continuaram a ser derrubadas, agora com o objetivo de produzir carvão para as indústrias siderúrgicas e para obter celulose à indústria do papel (HIRSCH et al., 2003). Nessa época, foram instalados os grandes parques siderúrgicos na região, tornando o vale do rio Doce conhecido como “Região Metropolitana do Vale do Aço”. Devido a todos esses processos exploratórios da Mata Atlântica na região, em 1960 as grandes áreas de florestas nativas se tornaram raras, sendo o carvão de espécies nativas substituído por carvão de origem das monoculturas de eucalipto (HIRSCH et al., 2003).

A implantação da monocultura do eucalipto associada à indústria siderúrgica, mineração, da monocultura do café e da abertura de pastagens para a criação de gado é o principal fator responsável pelo generalizado processo de fragmentação da Mata Atlântica nessa região (FONSECA, 1985; DE PAULA, 1997). As políticas públicas de incentivo a essas atividades econômicas desenvolvidas nas últimas décadas na bacia do rio Doce provocaram um padrão de fragmentação do habitat único para a região, resultando em uma matriz da paisagem desordenada e dominada por fragmentos induzidos pela ação antrópica.

Em função do histórico do uso e ocupação do solo, os fragmentos florestais mais conservados ficaram restritos às UCs, sendo que no restante da paisagem prevalecem fragmentos isolados de vegetação secundária em vários estágios de sucessão vegetacional. Um estudo mais detalhado desenvolvido por Landau e Fonseca (1997) tratou do mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo em 29 municípios da região do médio rio Doce, os quais cobrem uma área de 1.432.033 ha. Nessa região, esses autores mapearam 5.124 fragmentos de mata arbórea com um tamanho médio de 65,14 ha. Ambos os estudos mostram que uma parte desses fragmentos se encontram dispersa e isolada

em uma matriz de habitat dominada por vastas regiões com monoculturas de eucalipto e de café. A outra parte, a grande maioria, fica situada ao longo das cadeias da Serra do Espinhaço (lado oeste) e da Serra da Mantiqueira (lado leste), em lugares pouco acessíveis para atividades econômicas e/ou agropecuárias devido à sua topografia acidentada.

Em 2006, o Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) do Ministério de Meio Ambiente fomentou o mapeamento em meso escala de detalhamento da cobertura vegetal (escala de análise de 1:100.000), do uso e ocupação solo na Mata Atlântica (PROBIO/MMA/UFRJ/IESB/UFF, 2006 *apud* CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010a). Esse mapeamento subsidiou o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce pelo fato de ser o mais atualizado naquela época e por cobrir 97% do território da bacia. O restante foi realizado com base no Mapeamento (escala de análise de 1:100.000) e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais realizados pela Universidade Federal de Lavras e o Instituto Estadual de Florestas em 2006 (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010a). Os resultados do mapeamento do uso e cobertura do solo na bacia do rio Doce indicam que a maior parte do território se encontra antropizada, principalmente pelo uso agropecuário (64%), seguido por floresta (27%), outras formações naturais (4%), outros usos antrópicos (3%) e o reflorestamento (2%). As florestas, que cobriam cerca de 90% da bacia, foram encontradas em menos de 1/3 da área total e estavam concentradas nas sub-bacias do rio Santo Antônio, rio Piracicaba e rio Piranga. Este último, que contém as cabeceiras do rio Doce até as proximidades do PERD, foi a principal sub-bacia atingida pelo deslocamento da massa de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão. Nessa região, as principais tipologias identificadas foram a pecuária (57%) e a Floresta Estacional Semidecidual (30%) perfazendo mais de 87% da área total dessa sub-bacia (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010a).

Para o presente trabalho, foi elaborado o mapa de vegetação da bacia do rio Doce com base no mapa da cobertura vegetal nativa e do uso das terras, em escala 1/25.000, do Estado do Espírito Santo, elaborado pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), entre 2007-2008, e também nos dados de cobertura vegetal oriundos da base de dados do *site* do Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE). Segundo os dados apresentados (Tabela 30, Figura 95 e Apêndice G), consta a Floresta Estacional Semidecidual Montana como a principal formação do Sistema Natural ocorrente na bacia do rio Doce (1.141.745 ha), seguida pela Floresta Estacional Semidecidual Submontana (267.683 ha).

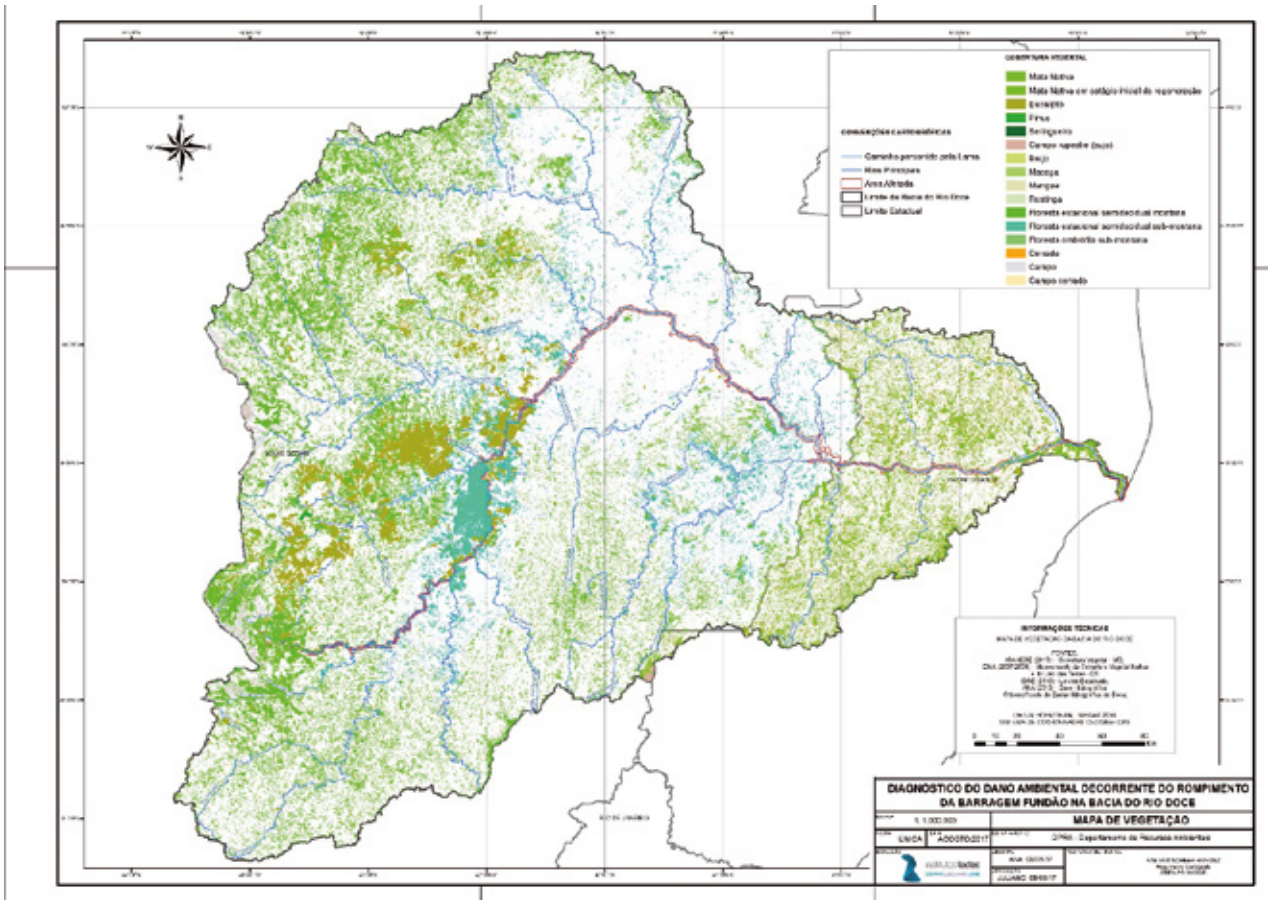
Para a base de dados consultada no Espírito Santo, não havia diferenciação entre as tipologias existentes, sendo estas designadas de forma simplificada como Mata Nativa (186.507 ha) e Mata Nativa em estágio inicial de regeneração (91.324 ha).

As formações savânicas (58.599 ha), refúgios vegetacionais (20.292 ha) e as áreas das formações pioneiras (236 ha) ocupam áreas mais restritas. Com relação ao Sistema Antrópico, as classes que predominam são destacadas como reflorestamento por eucaliptos (312.177 ha), pinus (2.740 ha) e seringueira (647 ha).

Tabela 30 – Classes de vegetação nativa e antrópica ocorrentes da bacia do rio Doce.

CLASSE	ÁREA MG (ha)	ÁREA ES (ha)	TOTAL (ha)
Mata Nativa		186507,50	186507,50
Mata Nativa em estágio inicial de regeneração		91324,66	91324,66
Floresta Ombrófila Submontana	1,35		1,35
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	267.682,74		267.682,74
Floresta Estacional Semidecidual Montana	1.141.744,65		1.141.744,65
Savana (Cerrado)	696,46		696,46
Savana Parque (Campo Sujo de Cerrado)	3.767,2		3.767,2
Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo)	54.135,91		54.135,91
Vegetação com influência marinha (Restinga)		203,45	203,45
Vegetação com influência fluviomarinha (Manguezal)		33,1	33,1
Refúgios Vegetacionais (Campo Rupestre, Campo de Altitude, *Inselbergs*, Cangas etc.)	12.091,96	8.200,98	20.292,94
Reflorestamento (*Eucalyptus* sp.)	260.347,99	51.828,51	312.176,5
Reflorestamento (*Pinus* sp.)	1.520,23	1.220,54	2.740,77
Reflorestamento (Seringueira)		647,48	647,48
TOTAL			**2.081.954,71**

Figura 95 – Mapa de vegetação da bacia do rio Doce.

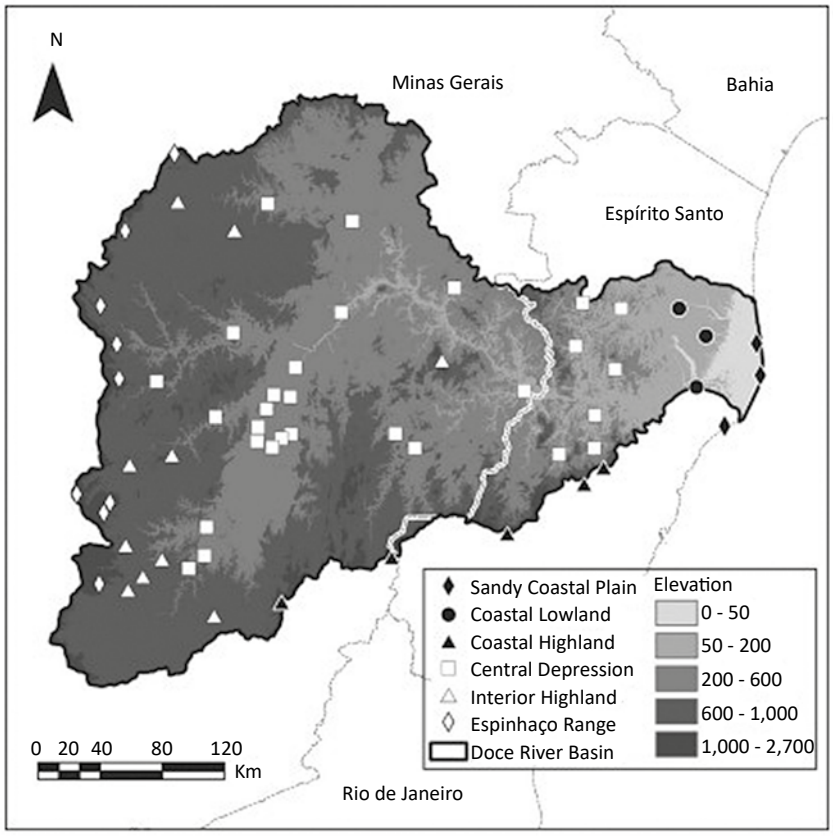


3.3.3.3 Tipologias Vegetacionais

Nesta seção, serão descritas as diferentes tipologias vegetacionais que ocorrem na área de estudo. A tipologia é muito usada na área de estudos sistemáticos, para definir diferentes categorias, nesse caso, de vegetações.

As fisionomias vegetacionais da área de estudo em Minas Gerais e Espírito Santo são constituídas por formações florestais e campestres, enquadradas como Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Áreas das Formações Pioneiras, Refúgios Vegetacionais, conforme a classificação das regiões fitoecológicas apresentadaa pelo IBGE (2012). É importante ressaltar que as formações florestais que estão inclusas na área de estudo são as principais fitofisionomias naturais que recobrem a bacia do rio Doce, porém há diferenças florísticas entre as tipologias em função dos gradientes associados à sazonalidade da precipitação, temperatura e altitude (Saiter et al., 2015). As fitofisionomias situadas nas sub-regiões Planície Arenosa Costeira (restingas), Terra Baixa Costeira (matas de tabuleiro), Montanha Costeira (florestas ombrófilas), e Depressão Central (florestas estacionais semideciduais) foram reconhecidas como unidades florísticas distintas (Saiter et al., 2015, Figura 96 e Figura 97). A seguir, são apresentadas as descrições das fisionomias supracitadas ocorrentes na área de estudo.

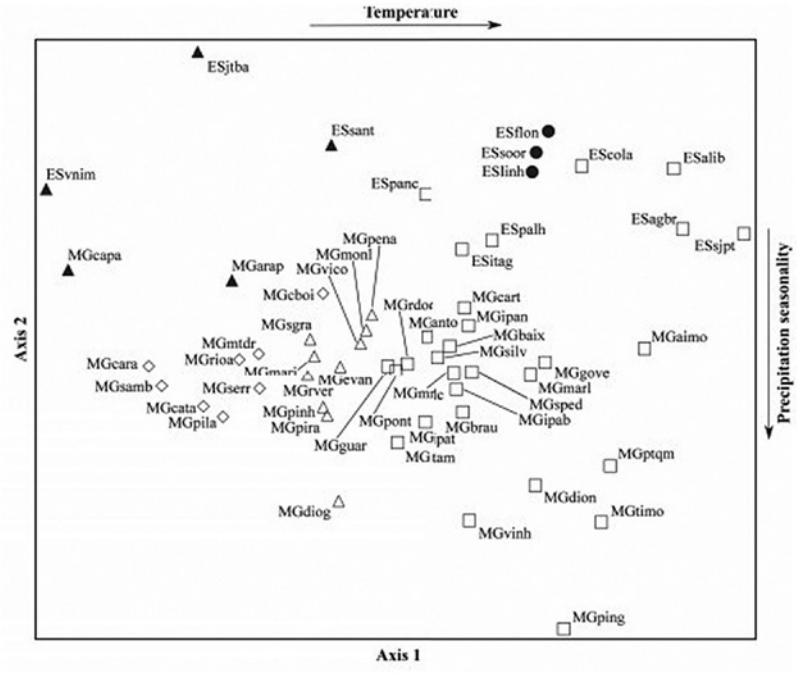
Figura 96 – Seis sub-regiões adotadas pelos autores para realização das análises dos dados.



Fonte: Saiter et al. (2015).

Na Figura 96, é possível observar a localização das 55 áreas de estudos (símbolos), onde foram realizados levantamentos florísticos da bacia do rio Doce. A diferença entre os símbolos representa a distribuição dos mesmos em seis sub-regiões adotadas pelos autores para realização das análises dos dados (SAITER et al., 2015).

Figura 97 – Diagrama da análise de ordenação na bacia do rio Doce.



Fonte: Saiter et al. (2015).

A Figura 97 apresenta o resultado do diagrama da análise de ordenação produzido a partir de dados obtidos de 55 estudos florísticos distribuídos na bacia do rio Doce. A partir da distribuição dos símbolos é possível visualizar que há correlação entre os agrupamentos entre áreas que apresentam similaridade na composição florística e as variáveis ambientais precipitação e temperatura (SAITER et al., 2015).

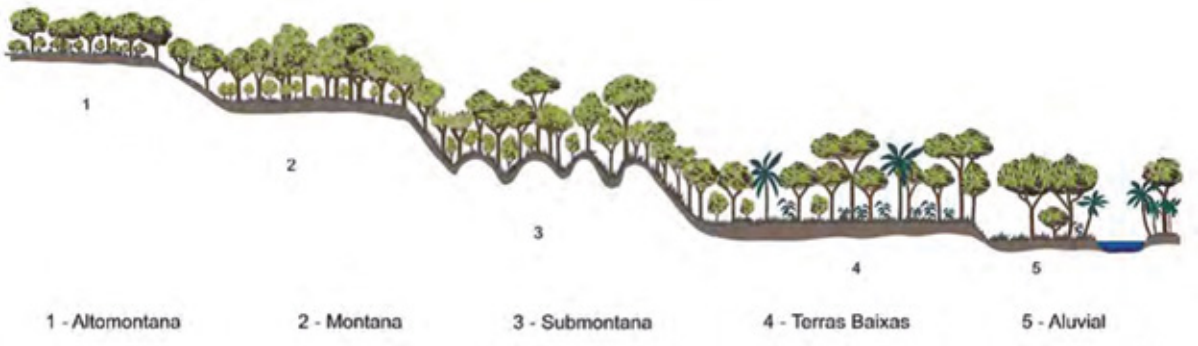
3.3.3.3.1 *Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial)*

De acordo com a classificação do IBGE (2012), as florestas ombrófilas densas correspondem a:

> Este tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos - subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância, que o diferenciam das outras classes de formações. Porém, sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos que marcam muito a 'região florística florestal'. Assim, a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25 °C) e de alta precipitação, bem-distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco.

A Floresta Ombrófila Densa está subdividida em formações que variam de Alto Montana, Montana, Submontana, Terras Baixas e Aluvial, conforme as variações altitudinais e de temperaturas (Figura 98). Na bacia do rio Doce, há somente as florestas ombrófilas densas das terras baixas situadas na faixa litorânea (50 a 200 m de altitude; IBGE, 2012).

Figura 98 – As formações florestais da Floresta Ombrófila Densa.



Fonte: IBGE (2012).

As Florestas Ombrófilas Densas da faixa litorânea ocorrem em planícies costeiras, ocupadas por tabuleiros pliopleistocênicos do Grupo Barreiras, e estão localizadas desde a Amazônia passando por toda região do Nordeste até o estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2012). São reconhecidas, por diversos autores, como Mata Atlântica propriamente dita, onde a vegetação é mais exuberante e concentra-se o maior número de táxons endêmicos.

3.3.3.3.2 *Floresta de Tabuleiro*

No presente estudo, será dada uma ênfase diferenciada à floresta de tabuleiros, que a princípio estava inserida como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, conforme o sistema de classificação apresentado por Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), mas diferentes autores estão classificando como Floresta Estacional Semidecídua de Terras Baixas. Engel (2001), embasado no acompanhamento de fenofases envolvendo 41 espécies do dossel florestal, onde encontrou 49,7% de espécies sempre-verdes, 34% como brevi-decíduas e 18,3% como caducifólias, a denominou como Floresta Tropical Estacional Perenifólia, uma classificação baseada em Longman e Jenik (1984), caracterizando-a assim como intermediária entre as duas tipologias do sistema de Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991). Peixoto et al. (2008) apresentam quatro tipos de vegetação natural na Mata de Tabuleiro na Reserva de Linhares: Mata Alta, Floresta de Muçununga, Áreas de Brejo e Campo Nativo.

Cabe destacar que a classificação “mata de tabuleiro” não faz parte do sistema fisio-ecológico adotado por IBGE (2012). Cabe esclarecer também que o termo tabuleiro refere-se a uma unidade geomorfológica de relevo, assim como as chapadas ou as depressões. De acordo com o *Manual Técnico de Geomorfologia* (IBGE, 2009):

> Tabuleiros e chapadas são conjuntos de formas de relevo de topo plano, elaboradas em rochas sedimentares, em geral limitadas por escarpas; os tabuleiros apresentam altitudes relativamente baixas, enquanto as chapadas situam-se em altitudes mais elevadas.

A Mata Atlântica no Espírito Santo estende-se por três zonas geologicamente distintas: a zona da planície quaternária, a zona serrana e a zona dos tabuleiros (AMORIM, 1984). Essa última é assim chamada por sua altitude máxima não ultrapassar 200 metros acima do nível do mar, tendo como média 70 metros de altura (P. M. ReBio Sooretama – IBDF, 1981). A zona dos tabuleiros ocupa áreas expressivas entre as cidades de Linhares e São Mateus, chegando ao sul da Bahia (RIZZINI, 1997). O contato com a planície quaternária é feito através de pequenas escarpas ou de maneira gradativa e,

nesse contato, têm início os terraços marinhos pleistocênicos formados por sedimentos, que são os mais antigos da planície quaternária (MARTIN et al., 1993).

As florestas sobre os tabuleiros caracterizam-se por uma vegetação densa, com árvores de altura média acima de 30 m (Figura 99). A flora, rica e diversificada, apresenta várias espécies arbóreas endêmicas. Algumas de suas formações destacam-se por apresentar indivíduos de maior porte e sombreamento mais intenso do sub-bosque, que é ralo e facilmente penetrável, tendo como característica sua semelhança fisionômica e florística com a Floresta Amazônica (PEIXOTO; ROSA; JOELS, 1995; AMORIM, 1984). Saiter et al. (2015) apresentam as seguintes espécies arbóreas como indicadoras das matas de tabuleiro: *Amphirrhox longifolia, Annona acutiflora, Aspidosperma camporum, Aspidosperma discolor, Byrsonima cacaophila, Campomanesia espiritosantensis, Couepia carautae, Couepia schottii, Diplotropis incexis, Eugenia copacabanensis, Exellodendron gracile, Exostyles venusta, Glycydendron espiritosantense, Guazuma crinita, Henriettea succosa, Hirtella bahiensis, Inga tripa, Licania salzmannii, Manilkara salzmannii, Marlierea strigipes, Marlierea suaveolens, Maytenus samydaeformis, Miconia mirabilis, Micropholis guyanensis, Myrcia isaiana, Neomitranthes obtusa, Ocotea aniboides, Ocotea confertiflora, Ormosia nitida, Parkia pendula, Pilocarpus grandiflorus, Plinia stictophylla, Pouteria bapeba, Simira grazielae, Tabernaemontana salzmannii, Tovomita brevistaminea* e *Xylopia ochrantha.* Esses autores tomaram como base o levantamento florístico em três áreas de mata de tabuleiro, situadas no município de Linhares, Floresta Nacional dos Goytacazes e em Sooretama.

Figura 99 – Vista aérea da Reserva Biológica de Sooretama (acima) e interior da floresta (abaixo).



Fonte: Imagens compiladas na íntegra de Garay (2003).

Além dos núcleos florestais já citados, outro bastante importante situa-se às margens do rio Doce, no município de Linhares. Grande parte dessa área florestal é ocupada por florestas sobre terrenos aluvionares, frequentemente usadas para o plantio de cacau, constituindo as chamadas matas de cabruca. A cultura de cacau sombreado, localizada próximo à foz do rio Doce, em Linhares, é responsável pela manutenção de cerca de 29.000 ha de cobertura florestal nativa e, ainda que alterada em sua estrutura, constitui um importante remanescente da Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (SIMONELLI; FRAGA, 2007).

Peixoto, Rosa e Joels (1995) descrevem a fisionomia florestal e ilustram-a com diagramas de perfil e cobertura na Reserva Florestal de Linhares. Para elaboração tanto do perfil quanto de coberturas, foram demarcadas faixas contínuas com áreas coincidentes e foram incluídos todos os indivíduos arbóreos com DAP superior a 5 cm. Posteriormente, foi feita a classificação das árvores de acordo com seu estágio de desenvolvimento (árvores potenciais, árvores do presente e árvores em decrepitude) e taxonomia (117 indivíduos pertencentes a 68 espécies, 62 gêneros e 30 famílias). Foram identificados três estratos com características próprias quanto às dimensões, composição florística e fase de desenvolvimento (superior, intermediário e inferior). Na área estudada, o contingente mais abundante do estrato inferior é aquele constituído por indivíduos em crescimento de espécies dos estratos seguintes, enquanto no estrato superior o contingente mais representativo é aquele de indivíduos com maturidade plena ou quase. No total, o número de indivíduos em crescimento na área estudada é maior do que o de maduros, o que demonstra que muitos daqueles têm potencial para alcançar os estratos superiores. Características estruturais da vegetação sucessora estão relacionadas com a maneira pela qual os indivíduos do dossel morrem, abrindo uma clareira ao cair, danificando indivíduos dos estratos inferiores ou perdendo lentamente partes vegetativas.

Costa e Silva (2003) tiveram como objetivo estudar a brioflora das florestas do tabuleiro na Reserva Natural do Vale do Rio Doce (RNVRD). Foram identificados 55 espécies, 39 gêneros e 21 famílias de briófitas, sendo 12 novas ocorrências para o estado do Espírito Santo. As formações vegetais da reserva que se destacaram pelo número de espécies foram Mussunga e Mata Alta. Nas hepáticas, a família que mais se destacou, com um total de 15 espécies, foi Lejeuneaceae. Nos musgos, foram as famílias Leucobryaceae e Sematophyllaceae representadas por 4 espécies cada. Foi também analisada a distribuição geográfica, a variação altitudinal para cada táxon.

Yano (2005) realizou um levantamento de espécies briófitas na RNVRD no município de Linhares. As amostras coletadas foram depositadas no Herbário do Instituto de Botânica (SP) e as duplicatas enviadas para o Herbário do Vale do Rio Doce. Foram identificadas 136 espécies, sendo 55 musgos e 81 hepáticas distribuídos em 27 famílias e 60 gêneros. Destas, 41 espécies de ocorrência nova para o Espírito Santo – *Aphanolejeunea ephemeroides* Shust., *Calypogeia andicola* Bischler e *Radula* affins Lindenb & Gott. são ocorrências novas para o Brasil. As famílias de hepáticas que apresentaram maior número de espécies foram Leujeneaceae, Frullaniaceae, Plagiochilaceae, enquanto nos musgos foram Calymperaceae, Sematophyllaceae e Fissidentaceae.

Rolim et al. (2006) apresentam a flora de espécies arbóreas e palmeiras na planície aluvial do rio Doce. A análise da composição florística da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial do Rio Doce (FESARD) baseia-se em dois levantamentos fitossociológicos realizados em 20 fazendas onde se cultiva o cacau sob a mata (ROLIM; CHIARELLO, 2004) e em um trabalho de tese em andamento na Floresta Nacional de Goytacazes (J. M. L. Gomes, dados não publicados), e nas coletas depositadas no Herbário da Reserva Natural Vale (CVRD). Um total de 408 espécies, 214 gêneros e 59 famílias, entre arbóreas e palmeiras, foi identificado na FESARD. As famílias mais ricas em espécies são Leguminosae (57 espécies), Myrtaceae (44), Sapotaceae (22), Lauraceae (19), Arecaceae (16), Euphorbiaceae (16), Rubiaceae (15) e Moraceae (15). Em relação aos gêneros, *Eugenia* (14 espécies), *Ocotea* (11), *Pouteria* (11), *Inga* (8), *Myrcia* (8), *Marlierea* (7), *Bactris* e *Tabebuia* (6), *Trichilia*, *Swartzia*, *Myrciaria*, *Miconia*, *Hirtella*, *Cupania*, *Cordia*,

Brosimum e *Aspidosperma* (5) foram os de maior riqueza específica na listagem apresentada. *Riodocea* é um gênero recém-descrito (DELPRETE, 1999) com coletas nos municípios de Colatina/ES e Linhares/ES, apenas ao longo do rio Doce. *Paradrypetes ilicifolia* é considerada extinta para o estado do Espírito Santo, segundo a lista oficial elaborada em 2004 e provavelmente é uma espécie endêmica assim como *Riodocea*. A análise de agrupamento confirma a alta similaridade florística da FESARD com a floresta estacional dos tabuleiros terciários (onde se encontra a RNVRD e Reserva Biológica de Sooretama). Entretanto, existem espécies comuns a várias áreas de Mata Atlântica e ocorrentes na FESARD, mas que ainda não são registradas para a RNVRD, como *Croton floribundus* e *Maclura tinctoria*, mostrando certa dissimilaridade. O estudo propõe uma proteção para as áreas de Mata de Cacau, que cobrem 80% da área dessa planície, para conciliar áreas de cultivo com a proteção da biodiversidade.

Rodrigues e Simonelli (2007) realizaram um levantamento botânico na região do delta do rio Doce. Foram realizadas caminhadas aleatórias pelo interior de todo o fragmento, onde foram feitas coletas e observações ecológicas sobre todas as espécies encontradas. Foram encontradas 21 espécies pertencentes a 17 gêneros distribuídos nas subfamílias Epidendroideae, Orchidoideae e Vanilloideae. Os gêneros que obtiveram maior número de espécies foram *Cyrtopodium* e *Epidendrum*. O hábito de vida predominante foi a categoria holoepífita (38%), seguida pelas terrestres (33%), epífitas facultativas (24%) e por último as hemiepífitas (5%). Foram encontradas nove espécies, distribuídas em seis gêneros: *Actinocephalus*, *Comanthera*, *Leiothrix* e *Tonina* com um representante cada e *Syngonanthus* e *Paepalanthus* com dois e três representantes, respectivamente. São fornecidas fotografias, descrições, chave de identificação, além de comentários sobre distribuição geográfica e variação morfológica das espécies.

Simonelli et al. (2008a) tiveram como objetivo conhecer a composição florística e a estrutura do estrato arbóreo de uma área de muçununga, localizada na Reserva Florestal de Linhares no estado do Espírito Santo. Pretendeu-se caracterizar a fitofisionomia, a composição e a diversidade florística, além de estimar, por espécie, os parâmetros de estrutura horizontal. Para tanto, foram analisadas 93 parcelas de 10 × 10 m (0,93 ha), nas quais foram amostrados todos os indivíduos com DAP ≥ 5 cm. Para as caracterizações florísticas e fitofisionômicas, foram feitas também coletas de material botânico, fora das parcelas. Foram encontradas 79 espécies arbóreas, pertencentes a 29 famílias, sendo as mais ricas em espécies Myrtaceae e Lauraceae. A densidade total estimada foi de 1.643 indivíduos/hectare. As espécies com maior ocorrência foram *Guapira opposita, Chamaecrista ensiformis var. ensiformis, Manilkara subsericea, Eugenia sulcata, e Tapirira guianensis*. As famílias com maior ocorrência foram Myrtaceae, Nyctaginaceae e Sapotaceae. A comunidade é tipicamente florestal, com presença de várias sinúsias, que se desenvolvem sobre um solo com textura arenosa, pobre em nutrientes e ácido.

Além dos levantamentos sobre a flora, alguns pesquisadores analisaram questões relacionadas ao processo de fragmentação da Mata Atlântica no Espírito Santo. Magnago (2013), investigou os efeitos da fragmentação na Floresta Atlântica nos municípios de Sooretama, Linhares e Jaguaré. Focando nas espécies arbóreas, verificou os impactos da fragmentação nas mudanças abióticas (microclima e atributos do solo) na biomassa florestal acima do solo; os impactos da fragmentação na riqueza, estrutura da comunidade e diversidade funcional de espécies arbóreas; e a existência de cobenefícios entre biodiversidade e estoque de carbono para aplicação de mecanismos de conservação por meio do mercado de carbono (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* – REDD+).

O trabalho foi feito em uma região de Floresta de Tabuleiro através de 12 fragmentos de diferentes tamanhos (3 repetições/tamanho do fragmento) com 240 parcelas de 10 x 10 m, a fim de coletar dados sobre a riqueza de espécies arbóreas, estoque de biomassa acima do solo, estoque de carbono, cipós e árvores mortas em pé, bem como dados sobre o microclima e atributos do solo. As espécies foram classificadas quanto às suas características funcionais, endêmicas da Floresta Atlântica e ameaçadas de extinção (Lista Vermelha da IUCN). Observou-se que as mudanças no microclima e solo, oriundas da fragmentação, promovem impacto negativo sobre a biomassa de espécies arbóreas e aumento da biomassa de lianas.

Correia (2014) pesquisou indicadores que permitem avaliar uma floresta em restauração na Reserva Natural do Vale, por meio de comparação com uma floresta em estágio primário adjacente (referência). A área de estudo foi compreendida por uma matriz vegetacional de Floresta Ombrófila Densa. Analisou-se a composição e a estrutura do banco de sementes por meio de 60 amostras de 30 x 30 x 5 cm. Durante seis meses germinaram indivíduos de 25 espécies e 15 famílias botânicas, constando-se a presença de espécies facilitadoras e inibidoras no processo de sucessão florestal. Os espécimes que contribuem para o processo de regeneração florestal não foram utilizados durante o plantio da floresta em regeneração, revelando que a área de restauração apresenta uma resiliência a distúrbios, como abertura de clareiras. No conjunto das parcelas, foram amostrados 717 indivíduos de 177 espécies e 42 famílias. A amostragem foi conduzida por meio de 30 parcelas permanentes de 3 x 3 m alocadas de forma sistemática em cada área, totalizando 60 parcelas (540 m²), distanciadas em 5 m uma das outras. As famílias que apresentaram a maior riqueza de espécies foram Myrtaceae, Fabaceae e Sapotaceae. Apenas 20 espécies foram comuns entre as duas áreas e apenas 10 espécies utilizadas no plantio foram amostradas na regeneração da área. Pela análise de correspondência canônica (CCA), observou-se que as parcelas da floresta em restauração estão fortemente ligadas com a maior abertura de dossel e as da floresta de referência com a serapilheira acumulada.

3.3.3.3.3 *Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)*

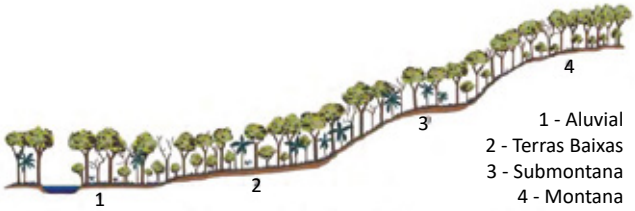
De acordo com a classificação do IBGE (2012), os refúgios vegetacionais correspondem a:

> O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hibernal e por intensas chuvas de verão; na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15 °C), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem. (IBGE, 2012).

As Florestas Estacionais Semideciduais constituem-se, geralmente, de indivíduos arbóreos perenifólios e decíduos, com até 30 m de altura, sem formar cobertura superior contínua. Também existem os elementos arbustivos, lianas e epífitas, sendo estas em menor quantidade, quando comparada às florestas ombrófilas (LEITE; KLEIN, 1990). A Floresta Estacional Semidecidual é um exemplo claro do processo de degradação e fragmentação de ecossistemas tropicais. Os poucos remanescentes preservados dessa formação florestal são de grande valor ecológico e taxonômico, funcionando como uma coleção viva de espécies representantes da flora local e de sua diversidade genética, bem como banco de informações acerca da estrutura e funcionamento desse tipo de ecossistema (ORTEGA; ENGEL, 1992). São reconhecidas quatro formações pelo IBGE (2102): Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana (Figura 100).

No presente estudo, o principal tipo de Floresta Estacional Semidecidual que ocorre na área de investigação corresponde à submontana. A composição florística e a estrutura dessas florestas diferem significativamente das demais formações florestais. Segundo pesquisas, essa diferença é em função dos gradientes térmicos associados às altitudes (OLIVEIRA-FILHO et al., 2005; SAITER et al., 2015). Saiter et al. (2015) apresentam as espécies arbóreas indicadoras para tais florestas: *Carpotroche brasiliensis, Casearia guianensis, Gallesia integrifolia, Joannesia princeps, Machaerium incorruptibile, Machaerium pedicellatum, Miconia calvescens, Pseudopiptadenia contorta* e *Sparattosperma leucanthum*.

Figura 100 – Quatro formações da Floresta Estacional Semidecidual.



Veloso, Rangel Filho e Lima (1991)

Fonte: IBGE (2012).

3.3.3.3.4 *Floresta Estacional Semidecidual Submontana*

Segundo o conceito de Veloso et al. (1992), a fisionomia está relacionada ao clima com duas estações, uma chuvosa e outra seca, que condicionam uma caducifólia dos elementos arbóreos dominantes durante o período de estiagem. Considerando o conjunto florestal, a percentagem de árvores caducifólias está situada entre 20 e 50%. A fitofisionomia tem sua distribuição desde o estado do Espírito Santo e sul do estado da Bahia até os estados do Rio de Janeiro, de Minas Gerais, de São Paulo, norte e sudoeste do estado do Paraná, sul de Mato Grosso do Sul, adentrando pelo sul de Goiás através do rio Paranaíba, bem como nos estados de Mato Grosso e Rondônia. A Floresta Estacional Semidecidual ocorre ainda no Centro-Oeste de forma disjunta e entremeada com formações savânicas (IBGE, 2012).

Essa formação se caracteriza por apresentar um dossel não perfeitamente contínuo (irregular), entre 15 e 20 m de altura, com presença de árvores emergentes de até 25-30 m de altura. Nesses estratos superiores, pode ser observada a predominância de algumas famílias, como Anacardiaceae, Malvaceae, Apocynaceae, Fabaceae, Lecythidaceae, Lauraceae e outras. Já no estrato superior, as condições de subdossel e sub-bosque são caracterizadas pela presença marcante das famílias Meliaceae, Rutaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Sapindaceae e Myrtaceae (IBGE, 2012).

Estudos relacionados a essa formação foram, na maioria, realizados no PERD, o que já era esperado, tendo em vista o apoio à pesquisa científica em UCs. Segue um pequeno relato sobre algumas pesquisas encontradas para a tipologia Floresta Estacional Submontana.

Gonçalves (2009) executou um inventário florístico e fitossociológico na mata ciliar do rio Gualaxo do Norte, a fim de estudar a relação da distribuição das espécies com fatores edáficos e também identificar a zona ripária através da fenologia de espécies e da distância desta ao rio. Como resultado, encontrou um total de 109 espécies distribuídas em 82 gêneros e 32 famílias botânicas. No total de 10.000 m², foram amostrados 1.600 indivíduos arbóreos, totalizando a área basal de 21,62 m².

O Índice de Shannon foi de 4,18 e a equabilidade de 0,18. Todos esses valores são compatíveis com valores estipulados para Florestas Estacionais Semideciduais no estado de Minas Gerais. O levantamento florístico e fitossociológico do estudo demonstrou uma elevada diversidade na área.

Meira-Neto et al. (1997) desenvolveram um estudo sobre a estrutura de um fragmento de floresta submontana, no município de Ponte Nova. Em uma área total de apenas 0,22 ha foram identificadas 89 espécies arbóreas distribuídas entre 31 famílias. As espécies com maior índice de valor de importância foram: *Apueila leiocarpa, Piptadenia gonoacantha, Bathysa nicholsoni, Lecytis lúrida, Anadenanthera colubrina e Miconia calvescens*. O estudo estimou uma densidade de 1.786 indivíduos por hectare.

Graçano, Prado e Azevedo (1998) elaboraram um levantamento preliminar de Pteridophyta ao longo das trilhas e estradas do PERD, no período de setembro de 1995 a setembro de 1996, sendo coletadas 15 famílias, 27 gêneros e 57 espécies. As famílias encontradas foram Aspleniaceae, Blechnaceae, Dennstaedtiaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, HymenophyIlaceae, Lomariopsidaceae, Osmundaccae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Schizaeaceae, Selaginellaceae, Tectariaceae, Thelypteridaceae e Woodsiaceae. Todo material do estudo foi coletado em campo, herborizado e incluído no Herbário do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. Entre elas, 29,8% pertencem à família Pteridaceae, 17,5% à família Thelypteridaceae, 8,8% às famílias Schizaeaceae e Tectariaceae, e 1,8 - 7,0% às demais famílias. Das 15 famílias coletadas, 33% estão representadas por apenas uma espécie. Thelypteridaceae foi a família de ocorrência mais ampla, sendo coletada em nove das dez trilhas analisadas, seguida por Pteridaceae e Schizaeacea. As trilhas da Mombaça e Porto Capim apresentaram maior diversidade em espécies. Foi realizada também uma análise do solo, em 18 locais distintos, a fim de correlacionar a distribuição das espécies com as características do solo (o pH variou entre 4 e 3,5; o solo coletado foi preferencialmente o argiloso a muito argiloso e com teores médio a baixo de P, Ca, AI e Mg).

Bortoluzzi (2000) realizou um levantamento florístico de Papilonoideae (Fabaceae) no PERD e analisou a similaridade entre algumas trilhas do local. As coletas foram realizadas mensalmente em 11 trilhas no período de abril de 1998 a maio de 1999 e procedeu-se com o envio das amostras ao Herbário da Universidade Federal de Viçosa e ao Herbário do PERD. Foram identificadas 40 espécies da subfamília, divididas em 21 gêneros, sendo *Machaerium*, *Swartzia*, *Dalgerbia* e *Desmodium* os que se destacaram pela maior quantidade de espécies, em ordem. Quanto ao hábito, 16 espécies eram arbóreas, 11 trepadeiras, 7 subarbustivas e 6 arbustivas escandentes. A estrada que corta o parque foi a mais representativa com 70% das espécies. Em contrapartida, a trilha da Garapa torta apresentou a menor diversidade específica (10%). As espécies mais bem distribuídas foram *Dalgerbia nigra* e *Swartzia apetala* var. *apetela*, ocorrendo em todas as trilhas do estudo. A similaridade das trilhas se mostrou baixa, com um valor de apenas 20%. Isso provou a heterogeneidade dessa subfamília no decorrer das trilhas, o que aponta uma alta riqueza de espécies. O estudo contou com chaves analíticas, ilustrações e descrições morfológicas das plantas.

Lombardi e Gonçalves (2000) realizaram um estudo com o intuito de revisar as exsicatas depositadas no Herbário do Departamento de Botânica da UFMG (BHCB) coletadas na Estação Biológica de Caratinga (EBC) e PERD. Foram encontradas 3.366 exsicatas de 1.048 espécies, agrupadas em 538

gêneros e 123 famílias. Na EBC, há 513 espécies que não ocorrem no parque, onde há 242 espécies que não ocorrem na EBC; 293 espécies ocorrem em ambas as áreas, com um coeficiente de similaridade de 64%. As cinco famílias com maior número de espécies foram Fabaceae (125), Rubiaceae (69), Asteraceae (51), Bignoniaceae (49) e Myrtaceae (39). Vinte espécies encontradas na EBC e/ou no parque estão presentes na lista das espécies ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais: *Anaxagorea dolichocarpa*, *Guatteria odontopetala*, G. *vilosissima* (Annonaceae), *Euterpe edulis* (Arecaceae), *Bilbergia leptopoda* (Bromeliaceae), *Caryocar edule* (Caryocaraceae), *Coussapoa floccosa* (Cecropiaceae), *Couepia monteclarensis* (Chrysobalanaceae), *Sinningia villosa* (Gesneriaceae), *Ocotea odorifera*, O. *percoriacea*, *Persea rufotomentosa* (Lauraceae), *Dalbergia nigra*, *Melanoxylon brauna* (Fabaceae), *Brosimum glaziovii*, *Dorstenia arifolia*, D. *sucrei* (Moraceae), *Psychotria ipecacuanha* (Rubiaceae), *Solanum warmingii* (Solanaceae) e *Cissus blanchetiana* (Vitaceae). Além destas, são conhecidas de EBC ou do parque espécies com poucas coletas registradas, como *Chionanthus subsessilis* (P.S. Green, com. pess.), e outras recentemente descobertas e em processo de descrição, como, por exemplo, *Ephedranthus* sp. (Annonaceae, J. Oliveira, com. pess.), *Rodospatha* sp. (Araceae, T. B. Croat, com. pess.), *Macroditassa* sp. (Asclepiadaceae, J. Fontela-Pereira, com. pess.), *Davilla* sp., *Doliocarpus* sp. (*Dilleniaceae*, G. Aymard, com. pess.), *Piptadenia* sp.2 (Fabaceae, R.Barneby, com. pess.) e *Ternstroemia* sp. (Theaceae, A. Weitzman, com. pess.).

Bovini, Okano e Vieira (2001) realizaram um levantamento florístico da família Malvaceae ocorrentes no PERD. Foram feitas coletas do período de outubro de 1997 a janeiro de 1999 para a descrição das espécies encontradas e elaboração de uma chave taxonômica. Encontraram 19 táxons distribuídos em nove gêneros (*Herissantia*, *Hibiscus*, *Malvastrum*, *Pavonia*, *Peltaea*, *Sida*, *Sidastrum*, *Urena* e *Wissadula*), sendo *Sida* o gênero mais representativo com sete espécies. *Sida santaremensis* é nova citação de ocorrência para o estado de Minas Gerais e *Sida acuta* var. *obidensis* foi proposta como um sinônimo de *Sida planicaulis*.

Graçano, Azevedo e Prado (2001) fizeram um estudo objetivando selecionar caracteres para a identificação das Pteridaceae que ocorrem no PERD. Realizaram um levantamento preliminar e identificaram 15 famílias, 27 gêneros e 57 espécies de Pteridophyta depositadas no Herbário de Botânica (SP) e Herbário da Universidade Federal de Viçosa (VIC). A família que apresentou maior número foi Pteridaceae com 17 espécies, distribuídas nos gêneros *Adiantum*, *Hemionitis*, *Pityrogramma* e *Pteris*. Os caracteres anatômicos mais relevantes para a identificação das Pteridaceae do PERD foram: presença de pelos ou escamas; tipos de estômato; presença e distribuição de idioblastos na epiderme e tipo e disposição do(s) feixe(s) vascular(es) no pecíolo.

Solá (2001) analisou a vegetação nativa primária e secundária da região do PERD. Através de mapas do IBGE e do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, os fragmentos florestais foram estudados em função da legislação florestal e das declividades das encostas tendo, em vista a conservação do solo e da biodiversidade. Verificou-se que os remanescentes de vegetação primária correspondem apenas a 0,9% da área total, já a vegetação em estado secundário contribuía com 15,4%. Nas áreas de preservação permanente, somente 12% estavam cobertas por vegetação nativa e mesmo que totalmente reflorestadas como deveriam por lei, protegeriam 0,7% da área total.

Lopes et al. (2002) estudaram a estrutura de uma porção de Floresta Estacional Semidecidual Submontana no PERD, nas proximidades da Trilha do Vinático. Tomando a classificação de Gilhuis (1986), esse transecto do parque se enquadrou na categoria de Mata Alta que recobre aproximadamente 30% da sua área. Os indivíduos de porte arbóreo foram amostrados pelo método de quadrantes. Adotaram-se dois procedimentos distintos, dos quais um com inclusão dos indivíduos mortos e em outro não. Foram alocados 200 pontos amostrais, dispostos em 20 linhas paralelas, ao longo de uma encosta. Foram encontradas 143 espécies, pertencentes a 109 gêneros reconhecidos e 38 famílias botânicas. A análise fitossociológica demonstrou predominância das espécies *Bixa arborea*, *Guatteria schomburgkiana*, *Joannesia princeps*, *Aparisthmium cordatum*, *Pseudopiptadenia contorta* e *Carpotroche brasiliensis*. O tamanho das populações e a sua distribuição pelo ambiente foram os fatores decisivos para o destaque apresentado por essas espécies. As distribuições diamétricas (diâmetro máximo de 28,75 e mínima de 3,75) e de alturas (altura máxima de 27,8 m, mínima de 2,6 m e média de 9,4 m) evidenciaram poucos indivíduos de grande porte, fato que, aliado ao histórico do local que registra um incêndio em 1967 e à baixa ocorrência de espécies associadas a ambientes climácios, sugere que o trecho de floresta estudado se encontra em estádio médio de sucessão secundária.

Bortoluzzi et al. (2004) realizaram o levantamento florístico no PERD entre abril de 1998 e maio de 1999. Registraram a riqueza de Papilionoidae (Fabaceae) árboreas e arbustivas-escandantes através de uma chave de identificação que totalizou em 22 táxons específicos e infraespecíficos. Foi dividida em quatro tribos: Dalbergieae, com o maior número de gêneros (*Dalbergia*, *Machaerium*, *Platycyamus*, *Platypodium* e *Pterocarpus*) e Phaseoleae, Milletieae e Swartzieae, contendo apenas um gênero cada (*Erythrina*, *Lonchocarpus* e *Swartzia*, respectivamente). Informações sobre a morfologia e distribuição geográfica foram feitas após a descrição de cada táxon através de um relato bastante específico de cada espécie que o estudo abordou. Foram apresentadas informações sobre nome popular e características morfológicas externas, principalmente morfometria. O estudo apresenta que as espécies *Dalbergia nigra*, *Platycyamus regnellii*, *Swartzia apetala* var. *apetala* e *S. myrtifolia* var. *elegans* ocorreram na maioria das trilhas do parque e os demais táxons restringiram-se a uma ou poucas trilhas. Desse modo, foi possível ter uma base da similaridade entre as trilhas (índice inferior a 20%), ressaltando a importância da preservação da área pela diversidade de espécies.

Bosquetti (2004) fez um levantamento florístico da subfamília Caesalpinioidae (Fabaceae) no PERD. Foram coletadas amostras botânicas mensalmente no período de agosto de 2002 a julho de 2003, além de coletas complementares em agosto, setembro, outubro e dezembro de 2003. Foram identificadas 28 espécies nativas (19 árvores, 4 trepadeiras, 3 herbáceas e 2 arbustivas) reunidas em 15 gêneros. *Senna* e *Bauhinia* foram os gêneros mais representativos. As espécies mais comuns foram *Apuleia leiocarpa*, ocorrendo em todas as trilhas percorridas, seguidas de *Sclerobium rugosum*, ocorrentes em dez trilhas, e *Bauhinia longifolia* em nove trilhas. *Chamaescrita ensiformis*, *Chamaescrita glandulosa*, *Chamaescrita nictitans*, *Senna alata* e *Senna pendula* apresentaram-se restritas a uma única trilha. Três padrões de distribuição geográfica foram encontrados: espécies distribuídas por toda região tropical e subtropical, pela América Latina até espécies restritas ao Brasil. *Chamaescrita ensiformis* e *Copaifara reticulata* tiveram sua primeira citação no estado de Minas Gerais. A trilha do Aníbal foi a mais representativa, com 67,8% das espécies, sendo a menor diversidade específica (21,4%) observada na trilha da Garapa Torta. As trilhas com maior similaridade florística são TAN e EST (70%) seguido de

TAN x TLM e TV x TMB (66.7%). Realizaram-se comparações florísticas entre o PERD e Caratinga, que revelou 45% de similaridade, apontando a importância do parque como área representativa dessa vegetação no Sudeste devido a peculiaridades de seu relevo e bacia hidrográfica.

Temponi et al. (2006) fizeram um levantamento florístico das espécies da família Araceae no PERD. Foram realizadas excursões mensais de maio de 1999 a abril de 2000 para coleta do material botânico, onde foram encontradas 13 espécies pertencentes a oito gêneros (*Anthurium, Asterostigma, Heteropsis, Monstera, Philodendron, Rhodospatha, Syngonium* e *Xanthosoma*). O gênero *Philodendron* foi o mais representativo com três espécies. Quatro das espécies encontradas no Parque são novos registros para Minas Gerais: *Asterostigma concinnum*, *Heteropsis flexuosa*, *Philodendron speciosum* e *Philodendron vargealtense*.

Nunes et al. (2007) fizeram um levantamento arbóreo da subfamília botânica Mimosoideae (Fabaceae) no PERD. Foram encontrados 26 táxons arbóreos, analisados quanto aos limites de distribuição geográfica e avaliados como indicadores das relações florísticas entre o parque e outras áreas de Floresta Atlântica do Sudeste brasileiro. A coleta do material botânico foi realizada no período de fevereiro de 2001 e abril de 2002 em oito trilhas. Os dados referentes à distribuição geográfica dos táxons foram obtidos de revisões taxonômicas e de levantamentos florísticos. Os táxons, quanto à preferência de habitat, foram tratados como elementos florísticos generalistas (73%) e especialistas do Domínio Atlântico (27%). Os resultados mostraram maior similaridade entre o parque e trechos de floresta situados em baixas elevações. Existem similaridades florísticas entre florestas ombrófila densas e estacionais semidecíduas do Sudeste, apoiando a proposição de origem comum dessas fitofisionomias. Esses estudos também irão contribuir no desenvolvimento de planos de conservação da biodiversidade para a flora local, uma vez que é significativa a perda de biodiversidade nessa região, tanto como resultado do processo de fragmentação como pela supressão direta da vegetação e sua substituição por diferentes formas de uso do solo.

Souza (2008) determinou a composição florística e a estrutura fitossociológica da vegetação arbórea de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, em uma zona de amortecimento do PERD. Foram identificadas 135 espécies pertencentes a 92 gêneros e 37 famílias. Os gêneros mais abundantes foram *Miconia* e *Myrcia*. As famílias mais ricas foram Fabaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Annonaceae, Chrysobalanaceae, Sapotaceae, Bignoniaceae e Malastomataceae (57% das espécies analisadas). Foi relatada a existência de uma espécie rara na região *Brossimum glazioovii* e a presença de espécies listadas como vulneráveis, ameaçadas de extinção e baixo risco de extinção a nível global, são elas: *Astronium fraxinifolium*, *Guatteria vilosissima, Ocotea odorifera, Urbanondredon verrucosum, Dalgerbia Nigra, Inga Leptantha, Compomanesia laurifólia, Xylopia sericea, Helycostylis tomentosa, Phyllostemonodaphne geminiflora, Cauepia schottii, Cassia ferruginea e Pariani brasiliensis.* Foi revelado que esse transecto da floresta está nas etapas finais de sucessão florestal, através da comparação entre espécies pioneiras (9%) e de sucessão média avançada (58%). Foram delimitadas quatro faixas para determinar a fitossociologia da área em questão: Alta Encosta, Topo, Rampa Baixa, Baixa Encosta Côncava. As espécies que caracterizam esses transectos são: *Ceasaria arborea e Lacistema pubescens; Ceasaria arborea e Acacia polyphylla e Ceasaria arborea* respectivamente. Alta Encosta e Topo apresentaram maiores números de indivíduos. Rampa Baixa e Topo apresentaram maior área basal. *Casearia*

arborium e *Newtonia contorta* estiverem presentes entre as dez espécies mais importantes nas quatro faixas. Foi determinado no estudo que a variação estrutural resulta de um gradiente geomorfológico, onde áreas planas e com menos erosão mostram maiores índices de diversidade e maiores números de espécies raras. Foi analisado também em cada faixa seu respectivo solo e provado que a distribuição das espécies é influenciada com as variações de fertilidade química, acidez e textura do solo. Foi confirmado quando observado que quanto maior a declividade, maior será a perda de diásporos devido à gravidade e fatores de chuva.

Guimarães e Silva (2009) relataram a descoberta de uma nova espécie de *Piper rio-docense* pertencente à secção Ottonia, encontrada no PERD. Nomes novos para duas espécies que se encontravam inseridas no gênero *Ottonia* são apresentados: *Piper carautensei* e *Piper duartei*. *Ottonia vilosa* var. minensis constituíram um novo sinônimo.

Lacerda et al. (2011) revelam a importância da proximidade das florestas para o avanço do processo de sucessão em áreas de regeneração natural, através da uma análise de uma área que tinha sofrido corte raso há 28 anos. Esta apresentou alta diversidade de espécies, registrando-se 35 famílias e 120 espécies. As famílias Fabaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Annonaceae e Chrysobalanaceae destacaram-se pelo elevado número de espécies. Os gêneros com a maior riqueza foram *Miconia, Myrcia, Guatteria, Ocotea, Pouteria*, e *Hirtella*. As dez espécies de maior valor de importância na comunidade foram *Casearia arborea, Lacistema pubescens, Matayba elaeagnoides, Pseudopiptadenia contorta, Aniba firmula, Xylopia aromatica, Machaerium brasiliense, Erythroxylum pelleterianum, Myrcia guianensis e Myrcia splendens*. Comparada a outra área que apenas tinha sofrido corte seletivo, os índices de diversidade foram semelhantes, indicando que a proximidade de uma matriz florestal como a do parque está contribuindo para um acelerado avanço sucessional desse fragmento.

Bastos (2010) realizou um estudo na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Bulcão, localizada no município de Aimorés/MG, e teve como objetivos: caracterizar a composição florística e a densidade de espécies germinadas no banco de sementes do solo; caracterizar a composição florística e fitossociológica do estrato da regeneração; identificar as categorias sucessionais e as síndromes de dispersão das espécies amostradas na regeneração natural e no banco de sementes; avaliar o potencial do banco de sementes do solo de cada ambiente para a regeneração natural; bem como, o potencial da regeneração natural nas áreas restauradas. Para avaliar os objetivos relacionados ao banco de sementes do solo nas quatro áreas submetidas a diferentes intervenções de manejo, foram amostradas 30 parcelas de 30 x 25 cm e 7 cm de profundidade. Enquanto, para avaliar os objetivos relacionados à regeneração natural das quatro áreas restauradas, foram instalados sistematicamente cinco transectos, os quais foram subdivididos em 50 parcelas de 2 x 2 m, totalizando uma área de 200 m². Na amostragem incluíram-se todos os indivíduos arbóreos com altura entre 10 cm e 2 metros e com DAS (diâmetro à altura do solo) menor ou igual a 5 cm, à exceção das espécies herbáceas (cipós, gramíneas, ervas e bambus), que foram analisados através da escala de valor de cobertura e abundância. A amostragem foi realizada no mês de março e abril de 2009. As espécies amostradas foram identificadas e classificadas quanto às categorias sucessionais e síndromes de dispersão. Para o componente lenhoso, calcularam-se os índices de Shannon Wiener (H'), equabilidade de Pielou (J') e os parâmetros fitossociológicos. O resultado encontrado para o banco de sementes, considerando

todas as áreas avaliadas, foi de 3.113 indivíduos germinados, distribuídos em 26 famílias, 57 gêneros e 96 espécies. Aproximadamente 31% dos indivíduos amostrados correspondem à *Setaria vulpiseta*, que foi encontrada em todas as áreas amostradas. Na compilação dos dados referentes às quatro áreas, a forma de vida herbácea, a síndrome de dispersão anemocórica e espécies pioneiras foram as que mais se destacaram no estudo. Quanto à regeneração natural, foram amostrados 346 indivíduos, pertencentes a 18 famílias, 32 gêneros e 52 espécies. De forma geral, as famílias mais ricas em número de espécies para a regeneração natural foram: Fabaceae (12 espécies) e Rubiaceae (3 espécies). Do total de espécies amostradas no estudo, 11 foram classificadas como pioneiras, 11 como secundárias iniciais e 8 como secundárias tardias. A dispersão zoocórica foi de forma geral a mais abundante. A densidade total estimada por hectare no levantamento do componente lenhoso foi de 4.325 indivíduos. A maior contribuição para esse valor coube à espécie *Machaerium acutifolium* (675 ind/ha). A maior concentração de indivíduos regenerantes encontra-se na menor classe de diâmetro e altura, sugerindo a existência de algum tipo de estresse ecológico nas áreas.

França e Stehmann (2013) realizaram um estudo através de uma tabela que relata a ocorrência de espécies arbóreas encontradas nas seis áreas de Mata Atlântica amostradas no médio do rio Doce, são elas: Campolina, Macuco, Mumbaça, Fazenda Macedônia, Fazenda Sacramento e Morro do Gavião. Seguem imagens de campo no médio rio Doce e seus aspectos vegetacionais na Figura 101 e Figura 102.

Camargo et al. (2008) pesquisaram se a distribuição de espécies arbóreas e de suas densidades, no entorno da Lagoa Carioca do PERD, poderia estar correlacionada com fatores edáficos e procuraram indicar espécies para a recuperação de matas ciliares. A partir de grupos de dez parcelas, formou-se uma amostra composta, que foi submetida à análise química e granulométrica. A ordenação dos dados de solo e vegetação foi realizada pela análise de correspondência canônica (CCA), que indicou serem os fatores edáficos os responsáveis pela ordenação das espécies. *Xylopia emarginata*, *Calophyllum brasiliense*, *Tapirira guianensis*, *Tabebuia chrysotricha*, *Protium heptaphyllum* e *Cecropia hololeuca* ocorreram restritamente na área de depleção ciliar e foram indicadas para reflorestamento de matas ciliares, uma vez que apresentaram grande resistência e predileção por ambientes úmidos.

Figura 101 – Aspecto da Floresta Estacional Semidecidual do rio Doce em fazenda no município de Barra Longa.



Figura 102 – Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual do Rio Doce.



3.3.3.3.5 *Sistema dos Refúgios Vegetacionais (Comunidades Relíquias)*

De acordo com a classificação do IBGE (2012), os refúgios vegetacionais correspondem a:

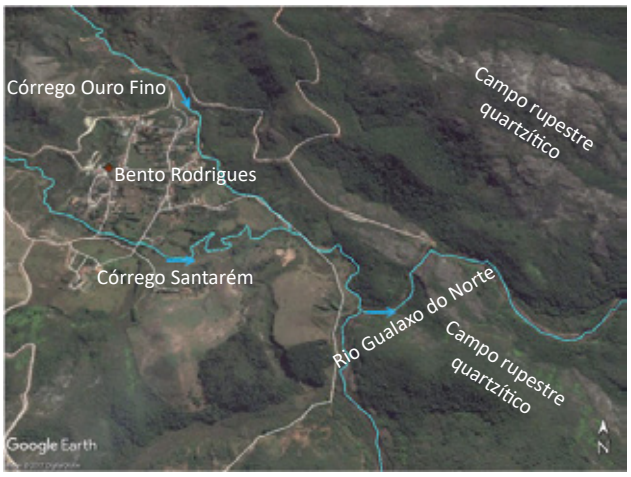
> Toda e qualquer vegetação diferenciada nos aspectos florístico e fisionômico- ecológico da flora dominante na região fitoecológica foi considerada como um 'refúgio ecológico'. Este, muitas vezes, constitui uma 'vegetação relíquia', com espécies endêmicas, que persiste em situações especialíssimas [...] Os refúgios ecológicos, condicionados por parâmetros ambientais muito específicos, apresentam, via de regra, alta sensibilidade a qualquer tipo de intervenção. Áreas turfosas, em diferentes altitudes e os cumes litólicos das serras, normalmente, suportam relictos vegetacionais. (IBGE, 2012).

Em locais restritos, onde afloram as rochas – principalmente os quartzitos e formações ferríferas/cangas – do Domínio das Sequências Vulcanossedimentares Proterozoicas dobradas e as metamorfizadas do Domínio dos Complexos Granito-Gnaisses (CPRM, 2010), ocorre um tipo vegetacional caracterizado pelo elevado índice de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (CARMO; JACOBI, 2016). Esse tipo vegetacional, quando desenvolvido sobre os quartzitos, é conhecido como campos rupestres (Figura 104). Quando desenvolve sobre as formações ferríferas/cangas, denomina-se campos ferruginosos ou campos rupestres ferruginosos. Os campos de altitude identificam as vegetações sobre os granitos das Serras

do Mar e da Mantiqueira, e a vegetação sobre *inselbergs*[1] aborda as comunidades que ocorrem associadas aos grandes monólitos "pães de açúcar" inseridos geralmente em relevos de superfícies aplainadas (POREMBSKI; BARTHLOTT, 2000; SCARANO, 2007; VASCONCELOS, 2011; CARMO; JACOBI, 2016).

Na área de estudo, os refúgios vegetacionais foram os campos rupestres localizados próximo ao distrito Bento Rodrigues (Figura 103 e Figura 104). Segue imagem de refúgio vegetacional próximo à barragem de Aimorés, representado por vegetação associada aos *inselbergs* (Figura 105).

Figura 103 – Localização dos campos rupestres associados aos quartzitos próximo ao distrito de Bento Rodrigues e margens dos Córrego Ouro Fino, Córrego Santarém e do Rio Gualaxo do Norte, município de Mariana, Minas Gerais.



Nota: As setas azuis indicam o fluxo dos cursos d'água.
Fonte: Imagens satélites do Google Earth.

Figura 104 - Aspecto de vegetação rupestre associada aos quartzitos próximo às margens do Rio Gualaxo do Norte, município de Mariana, Minas Gerais.



Foto: Instituto Prístino (out. 2016).

1 Forma residual que apresenta feições variadas tipo crista, cúpula, domo ou "dorso de baleia", com encostas com declives em torno de 50° a 60°, dominando uma superfície de aplanamento herdada ou funcional, com a qual forma no sopé uma ruptura (knick) de onde divergem as rampas de erosão. Ocorre com maior frequência em depressões periféricas e interplanálticas, em áreas de rochas metamórficas cortadas por intrusões, explorando as diferenças de resistências entre estas e as rochas encaixantes (IBGE, 2009).

Figura 105 – Aspecto de vegetação rupestre granito-gnáissica associada a inselbergs próximo à usina de Aimorés.



Lemes (2009) realizou um estudo florístico e fitossociológico associado a aspectos edáficos em duas áreas de campo rupestre quartzítico, localizadas na Serra do Itacolomi e na Serra do Ouro Branco, Minas Gerais. Quatro comunidades, delimitadas a partir do habitat (afloramentos rochosos e platôs) e da área geográfica (serras do Itacolomi e de Ouro Branco) foram comparadas quanto à composição florística, estrutura da vegetação e características nutricionais do solo. As áreas escolhidas estão situadas em uma altitude aproximada de 1.550 m. A amostragem da vegetação foi formada de 60 parcelas de 10 x 10 m dispostas sistematicamente nas comunidades. Para análise de pH, nitrogênio e fósforo disponível, coletou-se 32 amostras de solo. Foram encontradas 298 espécies de plantas vasculares, sendo que Asteraceae e Poaceae apresentaram a maior riqueza nas quatro comunidades. Grande parte das espécies com os maiores índices de valor de importância pertencem à Poaceae. Somente *Apochloa euprepes* (Poaceae) apresentou alto valor de importância nas quatro comunidades simultaneamente. As análises de similaridade e ordenação com a presença/ausência das espécies revelaram uma composição florística distinta entre as quatro comunidades. De maneira geral, foi observado predomínio das hemicriptofitas quanto ao número de espécies e a cobertura vegetal, sendo que nos afloramentos rochosos aumentou a importância das espécies fanerófitas. Os solos, considerados ácidos e pobres em nutrientes, apresentam diferenças entre os habitais. Nos afloramentos rochosos, onde se obteve maior riqueza e diversidade de espécies, além da maior heterogeneidade de formas e de vida, o solo apresentou maiores quantidades de fósforo e nitrogênio. A ocorrência das espécies e o tamanho de suas populações foram fortemente relacionados aos habitats e às áreas geográficas. As serras do Itacolomi e de Ouro branco foram consideradas distintas quanto à composição florística e similares quanto à estrutura da vegetação.

O estudo de impacto ambiental da barragem de rejeito do Fundão (BRANDT MEIO AMBIENTE, 2005) descreve o campo rupestre como uma feição que apresenta arbustos desenvolvidos e arvoretas com maior grau de lenhosidade, e está restrito aos locais com solo exposto em morrotes divisores de microbacias, com afloramento de rochas e presença de arvoretas de candeia (*Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus*) e espécies de Annonaceae e Myrtaceae.

3.3.4 ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA LINHA-BASE PÓS-DESASTRE

Apesar da gama de estudos avaliados, os dados secundários não são suficientes para serem utilizados de forma comparativa com dados coletados apenas nas margens do rio Doce, visto que a grande maioria de estudos não foi realizada especificamente na mata ciliar. Para tanto, optou-se por coletar dados primários através de levantamento florístico e fitossociológico da vegetação, em que serão avaliadas áreas-controle para obtenção de estimativas, sendo feita posteriormente a comparação com as áreas danificadas obtidas através do mapeamento.

3.3.4.1 Inventário florestal e regeneração natural

O inventário florestal será realizado com a finalidade de estimar variáveis necessárias à avaliação dos danos causados às formações florestais ripárias. Para tanto, serão instaladas 121 unidades amostrais (parcelas) ao longo dos 563 km de extensão avaliados. As parcelas possuirão 2.500 m² de área cada.

Após instaladas as unidades amostrais, os vértices serão delimitados com estacas de madeira. Dentro das parcelas, serão plaqueados todos os indivíduos com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) acima de 5,0 cm ou Circunferência à Altura do Peito (CAP) acima de 14,7 cm, salvo touceiras, nas quais o plaqueamento deverá ocorrer em apenas um dos fustes. Além do DAP, serão coletadas também a variável altura e espécie de cada indivíduo.

Cada parcela deverá conter também uma subunidade para avaliação da regeneração natural, onde os indivíduos com DAP abaixo de 5,0 cm serão contados e identificados. A altura desses indivíduos será também coletada para fins de estudos fitossociológicos, porém estes não receberão plaqueamento.

Será coletado material biológico para cada espécie encontrada no levantamento, a fim de construir um banco de dados-referência para a flora da região.

3.3.4.2 Demais grupos biológicos

Outros grupos importantes para a compreensão da flora local e suas interações também serão avaliados, sendo eles: herbáceas, lianas, epífitas, macrófitas, reófitas e banco de sementes.

Em cada unidade amostral, será registrado o número de indivíduos de cada espécie. Ressalvas metodológicas específicas de cada grupo serão feitas considerando a viabilidade de avaliação em campo do que é considerado um “indivíduo”. Além disso, excepcionalmente, não serão contabilizados os indivíduos de lianas, epífitas e reófitas, devido a fatores limitantes relacionados à forma biológica para os dois primeiros e a aspectos logísticos para o último.

Além do levantamento realizado dentro das parcelas, serão feitos levantamentos florísticos livres durante os deslocamentos entre as unidades amostrais, de modo a complementar as informações qualitativas gerais da vegetação. Cada unidade amostral terá a coordenada geográfica tomada.

Serão realizadas duas campanhas de todos os grupos biológicos. Esse planejamento objetiva abranger maior período reprodutivo das espécies, aumentando a confiabilidade das determinações botânicas. É necessário se considerar que na região de estudo há forte sazonalidade climática, com um período chuvoso (outubro a março) e outro seco (abril a setembro).

3.3.4.3 Resultados esperados

Após as análises necessárias para a obtenção das estimativas dos parâmetros buscados, será feita uma comparação com os resultados obtidos no mapeamento, e esses parâmetros serão estimados para as áreas onde houve supressão da vegetação pela passagem da lama. Nos locais onde esse dano não foi evidente, será feita somente a avaliação potencial das perdas.

3.4 FAUNA SILVESTRE

A fauna silvestre possui um alto potencial enquanto bioindicadores da qualidade ambiental. Bioindicadores são organismos ou conjuntos de organismos cujas funções biológicas correlacionam-se com fatores e eventos ambientais específicos. Dessa forma, pode-se lançar mão da amostragem desses componentes como indicadores da qualidade ambiental de outros fatores de interesse em uma dada área, ou em decorrência de alguma atividade particular (LIMA, 2000). Esses organismos respondem, geralmente de forma qualitativa, aos fatores avaliados e assim sugerem a ocorrência de mudanças também nos ambientes em que vivem (HAWKSWORTH, 1992). Muitos grupos de invertebrados respondem a sutis alterações de habitat e intensidade de impactos, sendo usualmente considerados bons indicadores ambientais (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005). A título de exemplo, alguns artrópodes vêm sendo utilizados nesses tipos de avaliação, permitindo inferir respostas ambientais a diferentes tipos de perturbação antrópica (SPILLER; SPILLER; GARLET, 2018). Borboletas, formigas, vespas, abelhas, cupins e besouros rola-bosta têm auxiliado na compreensão dos efeitos da fragmentação de habitats florestais e cerrado. Além de seu papel de destaque na ciclagem de nutrientes e nas redes tróficas, os invertebrados são também importantes polinizadores (MACHADO; LOPES, 2004).

Com relação aos vertebrados, os anfíbios encontram-se em estado mais crítico de conservação do que as aves ou mamíferos (STUART et al., 2004). Algumas características inerentes aos anfíbios os tornam especialmente sensíveis, tais como seu ciclo de vida dependente de ambientes terrestres e aquáticos; aspectos morfofisiológicos que facilitam sua susceptibilidade a substâncias tóxicas; baixa capacidade de dispersão; e tipos comportamentais, como alta especificidade de micro-habitats (TOLEDO, 2009). Os répteis, que compreendem os crocodilianos, anfisbenias, quelônios, serpentes e lagartos, também podem ser altamente específicos em sua ocupação de habitats e, à exceção das tartarugas marinhas, apresentam pequena capacidade de deslocamento (GREENE, 1997; PIANKA; VITT, 2003; POUGH et al., 2001; ZUG; VITT; CALDWELL, 2001). Embora mais resistentes a alguns impactos, em comparação aos anfíbios, também respondem prontamente às alterações antrópicas (GREENE, 1997; GIBBONS et al., 2000; PIANKA; VITT, 2003), e algumas espécies são também bioindicadores de qualidade ambiental (FARIA et al., 2007).

As aves estão entre os organismos mais estudados entre os vertebrados, tendo sido utilizadas como organismos-modelo de pesquisas dos mais diversos ramos da ciência, entre ecologia, comportamento, evolução e conservação (KONISHI et al., 1989). São sabidamente elementos de enorme relevância no desempenho de várias funções ecológicas (SEKERCIOGLU, 2006) e a íntima associação que muitas espécies têm com diversas características de habitat as consagrou como excelentes indicadores de qualidade ambiental (SEKERCIOGLU; DAILY; EHRLICH, 2004; GARCÍA-MORENO; CLAY; RÍON-MUÑOZ, 2007). Os padrões de riqueza e distribuição da avifauna são relacionados aos observados em outros

vertebrados terrestres (PADIAL et al., 2010), ou seja, pode-se fundamentar análises ambientais dos demais vertebrados com base em diagnósticos avifaunísticos. Além disso, os métodos de estudo de aves são os mais eficazes quanto ao custo para colher dados ecológicos (GARDNER et al., 2008).

Mamíferos são, assim como as aves, indicadores muito utilizados em avaliações ambientais. Esse grupo da fauna possui ampla importância ecológica, uma vez que apresentam enorme ocupação ambiental, desde táxons de pequeno porte e semifossoriais, até animais terrestres de grande porte, e ainda espécies voadoras, os morcegos. Assim, possuem papel fundamental na restauração ecológica da dinâmica de ecossistemas em recuperação (DERHÉ et al. 2018). Entre as funções ecossistêmicas que desempenham, elencam-se o enriquecimento de comunidades do solo, pela deposição de dejetos (BARDGETT et al., 1998) ou bioturbação (FLEMING et al., 2014), e o controle populacional de presas (ROEMER; GOMPPER; VALKENBURGH, 2009), contribuindo para a manutenção do equilíbrio dos ambientes onde ocorrem.

No presente documento, consta uma apreciação sintética das informações com o objetivo de contextualizar o conhecimento faunístico da área de interesse, conforme aqui definido. A descrição detalhada dos resultados dos estudos de fauna levantados em toda a bacia, que serviu de base para realizar essa síntese, encontra-se no Apêndice I. Aqui, restringimos a análise a uma abordagem mais genérica da fauna no âmbito biogeográfico, ecológico e de distribuição, visando averiguar a qualidade dos dados de literatura quanto a seu uso como referencial, ou linha-base, da fauna na bacia.

3.4.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

O desastre do rompimento da barragem de Fundão, que levou à passagem e deposição de rejeitos de mineração por uma grande área, torna forçosa a adoção de um recorte geográfico amplo. Para fins do estudo da fauna, a contextualização engloba a bacia hidrográfica do rio Doce, ao longo do curso de seu principal rio e regiões próximas à foz de diversos afluentes.

A foz do rio Doce apresenta características peculiares em relação a outros rios, como a formação de um delta, no qual a carga de sedimentos fluviais recebida na barra da desembocadura é redistribuída pela ação das ondas (POLIZEL, 2014). O rio não sofre incursão da água do mar devido à força de vazão de suas águas (IPEMA, 2009), e o estuário é projetado sobre a área marinha contígua, sem a ocorrência de manguezais na sua porção interna (ALBINO, 1999; IPEMA, 2009). Essa condição afeta diretamente na distribuição e ocorrência da vegetação ciliar, inexistindo áreas de manguezal – e toda composição faunística associada a essas formações.

Dentro desse grande escopo, a área de passagem e deposição da lama de rejeitos abrange uma área consideravelmente mais restrita. Entre a barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves houve a ocorrência de soterramento de áreas fora da calha do rio, ao passo que a jusante desse empreendimento a área de passagem restringe-se ao leito e coluna de água do rio Doce. Dessa forma, o escopo geográfico utilizado para realizar a busca das informações de base da fauna silvestre foi a bacia, e prestou-se para compor um recorte macrorregional. Dentro desse grande recorte, uma área mais restrita e associada à passagem da lama foi definida, sendo então admitida como área de abrangência do estudo, conforme detalhado a seguir.

3.4.2 METODOLOGIA

Os grupos aqui abordados são exclusivamente da fauna terrestre continental, excluindo-se alguns grupos predominantemente aquáticos (notadamente a ictiofauna, quelônios e cetáceos). Assim, incluem-se nessa avaliação a entomofauna (especificamente besouros, abelhas, formigas, borboletas e mosquitos), a herpetofauna (répteis e anfíbios), a avifauna (aves) e a mastofauna (mamíferos voadores e não voadores). O método empregado para a realização da linha-base fundamentou-se na coleta de dados de base, informações disponíveis na literatura a partir de diversas fontes publicadas (livros, artigos e teses).

Inicialmente, para realizar a busca e compilação de informações da bacia, adotamos uma divisão da bacia do rio Doce em três recortes geográficos de interesse, aqui nominados trechos alto, médio e baixo. Ressalta-se que a presente denominação se assemelha, mas não coincide, com os limites classicamente adotados para definição das três unidades hidrográficas regionais (alto, médio e baixo rio Doce), cujo critério de definição baseia-se em informações morfoestruturais encontradas ao longo da bacia (COELHO, 2007). Para atender aos interesses particulares deste estudo, que tem o especial interesse em avaliar os danos à fauna silvestre em decorrência do desastre, os três trechos da bacia foram redefinidos, conforme segue:

- Alto: desde as cabeceiras dos rios que originam o rio Doce até a localidade da UHE Risoleta Neves, no município de Santa Cruz do Escalvado;
- Médio: entre a UHE Risoleta Neves até a divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo;
- Baixo: toda a porção capixaba da bacia, até sua foz no Oceano Atlântico.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida compreendendo a totalidade da bacia hidrográfica do rio Doce e mesmo em setores mais afastados da bacia, área que denominamos “macrorregião”. Foi considerada fonte para a linha-base toda literatura cujos dados foram obtidos em campo até novembro de 2015. Realizaram-se consultas em plataformas de periódicos nacionais e internacionais utilizando o *software* bibliométrico *Publish or Perish*®; em coleções museológicas, a partir do sistema integrado de dados de coleções científicas *SpeciesLink*; bases de dados de bibliotecas de universidades das regiões mineira e capixaba; além de livros, teses, dissertações, resumos de congressos e trabalhos técnicos ali desenvolvidos. Além disso, também foram consultados estudos técnicos relacionados a processos de licenciamentos ambientais de empreendimentos diversos da região, quando tais documentos se encontravam disponíveis publicamente, bem como estudos desenvolvidos em UCs.

Padrões de nomenclatura, vernáculos em português, dados ecológicos e estado de endemismo são apresentados conjuntamente às espécies nas listas de cada grupo faunístico abordado (Apêndice J). Essas informações foram baseadas em obras diversas e consagradas na literatura técnica, quais sejam: Segalla et al. (2016), Haddad, Toledo e Prado (2008), Piacentini et al. (2015), Brooks, Tobias e Balmford (1999) e Paglia et al. (2012). Categorias de ameaça nos diferentes âmbitos abordados (estadual, nacional, mundial) foram baseadas nas avaliações elaboradas por Passamani e Mendes (2007) no Espírito Santo; Minas Gerais (2010) em Minas Gerais; Portaria nº 444 (BRASIL, 2014a) no âmbito nacional; e a lista da *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN, 2018) no escopo mundial.

A busca para esse levantamento encerrou-se em dezembro de 2017 e, desse modo, não é exaustiva, tampouco a mais completa compilação das fontes de informações faunísticas da bacia do rio Doce. Excluíram-se, por exemplo, diversas fontes de dados potenciais, como informações históricas em obras de naturalistas que documentaram a fauna na região anteriormente ao século XX; bases digitais de dados primários não revisados por pares, como as plataformas Táxeus e eBird, assim como o portal de mídias WikiAves; diversos relatórios técnicos não disponibilizados até o término da compilação; e livros ou artigos científicos publicados em data posterior ao período dedicado ao levantamento. Não obstante, os resultados do presente esforço adequam-se aos objetivos primários do estudo, que é avaliar a quantidade, qualidade e distribuição das informações faunísticas disponíveis na região, de modo a verificar a validade de considerá-las nossa linha-base para referenciar as demais etapas desta pesquisa.

A partir das informações obtidas em toda a macrorregião, que abrange localidades bastante distanciadas do eixo do rio Doce, passou-se a analisar o contexto espacial das fontes de informação em busca de um refinamento adequado ao recorte geográfico de interesse. Para tal, lançou-se mão da definição de uma área mais refinada, associada à área de passagem da lama, para consolidar a lista de espécies potencialmente mais afetadas pelo dano do desastre. Esse escopo geográfico foi definido por meio do método de *lat long* (STRAUBE et al., 2010), que consiste na sobreposição de quadrículas fixas com 15’ de latitude e 15’ de longitude sobre os limites da bacia do rio Doce, considerando-se todas as quadrículas transpassadas pelo fenômeno de interesse, no caso, a área de passagem da lama ao longo dos cursos dos rios afetados. Esse novo recorte geográfico passou a ser considerado, então, como área de abrangência da fauna.

Dentro dessa área, elencam-se quais fontes de informação coincidem em seus limites, assumindo-se que as comunidades faunísticas ali encontradas representam com maior precisão os componentes da fauna que efetivamente habitam nas áreas mais próximas ao rio Doce. Esse filtro geográfico promove maior acurácia ao excluir das listas de fauna aqueles táxons sabidamente de ocorrência em setores peculiares da bacia, como espécies típicas de campos rupestres, ou aquelas cuja distribuição geográfica conhecida não atinge as margens do rio Doce. O resultado desse detalhamento é encontrar táxons que estariam mais propensos a terem suas populações afetadas pelo desastre.

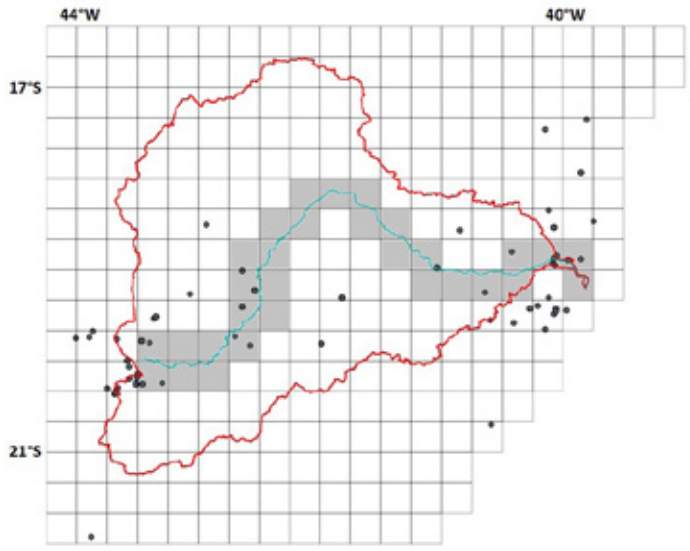
Em seguida, uma segunda filtragem das informações foi realizada, por meio da análise das listas assim geradas, e considerando as exigências ecológicas de cada táxon. Desse conjunto de espécies, é do maior interesse identificar aquelas cuja história natural conhecida indica tratarem-se de animais dependentes diretamente dos ambientes aquáticos (por ocuparem a coluna ou superfície d’água) ou vegetação ripária (tal como várzeas, florestas aluviais ou afloramentos rochosos ao longo do rio). Esse último grupo de espécies – de cada um dos grandes táxons de invertebrados e vertebrados avaliados – passou a constituir as assembleias-base da fauna na área de interesse, avaliada quanto à viabilidade de usar tais dados como linha-base do diagnóstico *in situ* a ser realizado.

3.4.3 RESULTADOS

Os grupos que contaram com maior número de fontes de informação foram mastofauna (n = 33), entomofauna (n = 51) e avifauna (n = 29). A herpetofauna, como um todo, contou também com volume similar de referências, mas, ao se segregar esses dados entre anfíbios e répteis, tem-se menor número de contribuições na região (respectivamente n = 19; n = 12). Quanto ao número total de táxons consignados à região, registrou-se riqueza grande de répteis (S = 126), anfíbios (S = 156) e mamíferos (S = 149), mas o maior número de táxons encontrado foi entre as aves (S = 559), padrão usual à distribuição da riqueza faunística no Brasil. A entomofauna não teve uma métrica de diversidade alfa explicitamente contabilizada, visto as particularidades taxonômicas desse grupo, que abrange um enorme número de espécies das várias ordens ora consideradas. É importante destacar, no entanto, que esses valores consideram a riqueza total de "táxons" por grupo, ou seja, contabilizam-se tanto espécies definidas (p. ex., *Tapirus terrestris*) quanto táxons não designados a um epíteto específico (i.e., táxons de identificação incerta de acordo com as fontes consultadas, p. ex. *Ischnocnema aff. parva*).

Quando se realiza a análise da distribuição geográfica dessas informações fica evidente a concentração de localidades estudadas no terço alto da bacia (sul da cadeia do Espinhaço) e em áreas florestadas do Espírito Santo, muitas das quais não inseridas na bacia (Figura 106). Assim, ao se restringir a avaliação de quais informações inserir nas quadrículas mais próximas ao rio Doce, tem-se que um grande volume de dados existentes sobre a biodiversidade regional não reflete necessariamente as condições biológicas encontradas ao longo do rio. De fato, grande parte da área de abrangência carece de estudos *in situ* disponíveis na literatura, sugerindo que a maior parte do percurso do rio Doce não conta com dados atuais e locais sobre a biodiversidade residente.

Figura 106 – Área de abrangência da fauna na bacia do rio Doce (polígono vermelho).



Nota: Sobrepôs-se uma grade de quadrículas *lat long* (com extensão de 15') à extensão da bacia. Passou-se a considerar como área de abrangência da fauna (quadrículas escuras) as quadrículas transpassadas pelo curso dos rios afetados pela lama (linha azul). Ilustram-se conjuntamente pontos das localidades estudadas conforme levantamento da literatura.

Dentro desse filtro geográfico, o número de fontes de informação aludidos na literatura é notoriamente reduzido. Da entomofauna, 57% das fontes consultadas contemplam localidades dentro da área de abrangência do estudo, indicando que boa parte das informações da literatura para esse conjunto de animais é coerente, geograficamente, com as adjacências do curso do rio Doce (Tabela 31). A maior parte dos estudos encontra-se nos trechos alto e médio da bacia, principalmente concentrados no Parque Estadual de Itacolomi e Parque Estadual do Rio Doce.

Dados de vertebrados terrestres, por outro lado, indicam que uma parcela relativamente pequena das informações regionais se encontra na área de abrangência aqui definida (Tabela 31). A menor representatividade das fontes de informação refere-se à herpetofauna, sendo que tanto para anfíbios quanto répteis apenas 42% das localidades estudadas na região se encontram nas quadrículas transpassadas pelo rio Doce. Esse percentual é maior para aves (59%) e mamíferos (64%), mas mesmo para esses grupos a proporção de fontes de informação é pequena em relação à totalidade da literatura levantada na macrorregião.

O maior número de estudos de vertebrados, ao longo do rio Doce, concentra-se no trecho médio, e é pequeno o volume de informações disponíveis no trecho baixo do rio (Tabela 31). Esse padrão é decorrente da grande concentração de esforços de pesquisa no PERD para todos os grupos, mas se incluem também as localidades Reserva Natural do Patrimônio Natural Mata do Sossego e a região da Usina Hidrelétrica Aimorés. No trecho alto, as localidades mais investigadas foram o Parque Estadual de Itacolomi e a Serra do Caraça, onde também existe uma UC, a Reserva Natural do Patrimônio Natural do Caraça. Já no trecho baixo, apenas a Floresta Nacional de Goytacazes consta como localidade avaliada para todos os grupos de vertebrados, e outras localidades foram apenas investigadas quanto à ocorrência e composição de mamíferos.

Tabela 31 – Número de fontes de informação de cada grupo faunístico inserido na área de abrangência do estudo.

	Insetos	Anfíbios	Répteis	Aves	Mamíferos
Alto	12	3	1	8	6
Médio	12	4	3	8	11
Baixo	5	1	1	1	4
Total (percentual)	29 (57%)	8 (42%)	5 (42%)	17 (59%)	21 (64%)
Total Macrorregional	51	19	12	29	33

Nota: Apresenta-se o número de fontes em cada um dos trechos (alto, médio, baixo), assim como o número total de referências inseridas nas quadrículas transpassadas pelo rio Doce, e sua proporção em relação ao total de referências da macrorregião, em porcentagem.

A partir dessa apreciação, o panorama do conhecimento ora levantado sugere que a fauna ao longo do rio Doce foi parcamente investigada, com volume preponderante de informações provenientes de poucas localidades, principalmente em UCs. Tal viés de amostragem resulta em inventários de fauna notoriamente incompletos quando o interesse é uma avaliação de todo o curso do rio Doce. Essas informações tampouco são particularmente úteis para uma avaliação mais detalhada das espécies da fauna mais suscetíveis aos danos do rompimento.

Aferições a respeito da composição faunística que ocorre ao longo do rio só podem ser feitas, nesse sentido, com base em conhecimentos mais genéricos da distribuição das espécies no país, tendo como base o arcabouço biogeográfico da região. Após essa avaliação, que nos permite balizar a composição de espécies de ocorrência mais provável na área de abrangência, será possível conduzir uma filtragem ecológica das espécies, buscando aquelas que são sabidamente mais associadas aos ambientes de influência fluvial.

3.4.3.1 Contextualização biogeográfica

Sob a perspectiva biogeográfica, a bacia do rio Doce situa-se na região Neotropical (MÜLLER, 1973), transpassando as províncias Guarani – no alto e médio rio Doce – e Tupi (MELLO-LEITÃO, 1980) – no baixo rio Doce. Segundo Morrone (2014), a área se insere no domínio Paraná, que no Brasil abrange – no sentido sul-norte – desde o estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente na latitude 32 sul, até as porções planálticas a oeste da Serra do Mar, nos arredores da latitude 7 sul. Dentro desse domínio, que em parte coincidente com as delimitações de Mello-Leitão (1980), percorre as províncias das florestas Paranaenses e Atlântica, onde está uma estreita faixa a leste da Serra do Mar, ao longo da costa brasileira; e aquela compreendendo áreas interioranas de altitude mais elevada. Essas províncias apresentam diversas espécies características, entre angiospermas, artrópodes e vertebrados, cuja distribuição geográfica restringe-se ou predomina nessas regiões (MORRONE, 2014). Nesse sentido, os cursos alto e médio do rio Doce se alocam nas porções associadas à Floresta Paranaense, ao passo que o terço baixo do rio percorre a província Atlântica até sua foz.

As porções altas da bacia tangenciam, ainda, setores ligados a outros centros de endemismos, notadamente a Província do Cerrado (MORRONE, 2014) – parcialmente coincidente com a Província Cariri-Bororó de Mello-Leitão (1980) –, onde elementos faunísticos e florísticos típicos desses centros são encontradiços, mas pouco adentram nos domínios da Floresta Paranaense. Dessa forma, tais táxons compõem parcela de menor importância numérica na composição biótica da região em apreço, e restringem-se provavelmente a pequenos bolsões vegetacionais espalhados pela matriz florestal.

O alto e médio rio Doce, na Floresta Paranaense, não parecem se diferenciar profundamente em sub-regiões que abrigam táxons ou assembleias endêmicas. Ali, a comunidade faunística parece mais homogênea na bacia, assemelhando-se em composição com outros setores geográficos da mesma província. Há, no entanto, algumas espécies que encontram nessa região seus limites de distribuição, como é o caso – na sub-bacia do rio Santo Antônio – dos primatas *Callicebus personatus* e *C. nigrifrons*; e *Sapajus nigritus* e *S. robustus* (MARTINS; LYNCH ALFARO; RYLANDS, 2017). Essa situação contrasta com o cenário encontrado no baixo rio Doce, pertencente à Província Atlântica, cuja composição faunística é peculiar em toda sua extensão – sendo por isso facilmente diferenciada das demais províncias. De fato, a chamada *Serra do Mar Center* (CRACRAFT, 1985) foi considerada como “talvez a área de endemismos melhor definida dentre as aves da América do Sul”, estendendo-se por todo o litoral brasileiro, e limitada, a oeste e leste respectivamente, pela Serra do Mar e pelo Oceano Atlântico. Já nesse momento, no entanto, Cracraft (1985) sugeriu que a região provavelmente seria subdividida em outros centros de endemismo para avifauna, considerando a complexa situação orográfica, vegetacional e de distribuição das aves desse centro.

Em anos mais recentes, diversos autores passaram a corroborar a noção de que a Floresta Atlântica é dividida em vários centros de endemismo, e um dos principais divisores é aproximadamente o curso baixo do rio Doce (MARTINS, 2011; SOBRAL-SOUZA; LIMA-RIBEIRO; SOLFERINI, 2015). Esse padrão foi encontrado em estudos biogeográficos com aranhas (OLIVEIRA; BRESCOVIT; SANTOS, 2015), opiliões (DASILVA; PINTO-DA-ROCHA; MORRONE, 2016), dípteros (AMORIM; SANTOS, 2017), anfíbios (XAVIER; GUEDES; NAPOLI, 2015), répteis (RODRIGUES et al., 2014), aves (CABANNE et al., 2008; D'HORTA et al., 2011) e mamíferos (COSTA et al., 2000), e essas evidências sugerem que o rio Doce é importante na evolução de muitos grupos biológicos (SILVA et al., 2012), seja devido à barreira geográfica imposta pelo rio, seja por padrões climáticos e ecológicos históricos dessa região. Cabe notar que alguns resultados contrários a essa acepção questionam o efeito de barreira para alguns grupos, a exemplo de alguns artrópodes (HOFFMEISTER; FERRARI, 2016), sapos (THOMÉ et al., 2014) e aves (MALDONADO-COELHO, 2012).

A título de exemplo, o baixo rio Doce age como divisor geográfico na distribuição de alguns pares de espécies congenéricas, como para os anuros dos gêneros *Rhinella* (THOMÉ et al., 2010) e *Phyllomedusa* (BRUNES et al., 2010), lagartos *Gymnodactylus* (PELLEGRINO et al., 2005) e *Enyalius* (RODRIGUES et al., 2014); separa distintas populações da ave *Xiphorhynchus fuscus* (CABANNE et al., 2008), e atua como limite norte da população sulina da preguiça *Bradypus torquatus*, disjuntando-se das populações setentrionais, no sul da Bahia (LARA-RUIZ; CHIARELLO; SANTOS, 2008). Sendo assim, ao menos para determinados conjuntos de espécies, a composição da fauna entre as margens esquerda e direita do baixo rio Doce abrigam elementos distintos, e tais variações devem ser levadas em consideração em análises faunísticas regionais.

3.4.3.2 Táxons mais suscetíveis aos danos

Neste tópico, aborda-se a composição específica a partir da filtragem ecológica realizada a partir das listas consolidadas de espécies com ocorrência conhecida na área de abrangência do estudo. Definem-se como espécies com maior propensão a danos aquelas que, em virtude de associação a ambientes danificados pelos rejeitos, têm maior probabilidade de ocorrer em localidades sujeitas aos efeitos da passagem e deposição da lama.

Entomofauna: a resposta da comunidade de insetos ao dano é provavelmente relacionada às alterações nas condições dos habitats e na disponibilidade de recursos no ambiente. Além disso, em diferentes regiões os insetos podem responder de forma diferente ao mesmo dano. As formigas, abelhas e vespas que nidificam em encostas próximas ao rio e os besouros Sacarabaeinae que enterram os ovos no solo foram diretamente danificados pela vegetação ciliar destruída, soterrada pela camada de lama que ali se depositou. Nesse sentido, a frequência de ocorrências das espécies de formigas, vespas e abelhas obtida da lista de espécies aqui consultada é o parâmetro biológico das espécies com maior propensão a danos. As abelhas *Euglossa imperialis*, *E. pleosticta*, *E. securigera*, *Eulaema marcii*, *Eu. nigrita* e *Exaerete smaragdina* são as únicas espécies que ocorrem em três diferentes estudos realizados no baixo e alto rio Doce; enquanto as formigas *Camponotus cingulatus*, *C. rufipes*, *C. crassus e Cephalotes pusilus* foram amostradas em quatro estudos realizados no médio e no alto rio Doce.

Herpetofauna: para conduzir a filtragem ecológica, determinar a ocupação dos ambientes pela herpetofauna, assim como os hábitos de vida das espécies, é um passo fundamental. Foram utilizadas três categorias na classificação dos habitats ocupados por anfíbios e répteis: **Florestal**, espécies que ocorrem em ambientes de floresta primária ou secundária; Áreas abertas, espécies que ocorrem em ambientes de savana, campos rupestres e outras áreas abertas; **Generalista**, espécies de ampla distribuição, ocupando ambientes florestais e/ou áreas abertas nativas, mas também áreas antropizadas, rurais ou urbanas. A classificação das espécies quanto ao hábito de exploração do ambiente seguiu as seguintes categorias: **Terrestre**, espécies que vivem associadas a ambientes terrestres, sendo em áreas abertas ou não; **Fossorial**, espécies que despendem parcela significativa de seu tempo sob o solo; **Arborícola**, espécies florestais que vivem a maior parte do tempo sobre as árvores; **Arbustivo**, espécies de áreas abertas ou florestais que passam a maior parte do tempo associadas à vegetação arbustiva; **Aquático**, espécies que vivem a maior parte do tempo explorando ambientes aquáticos.

Devido às características do desastre, entende-se que a herpetofauna residente no trecho alto do rio Doce tenha sofrido ação mais intensa dos danos, devido ao soterramento de ambientes terrestres pela lama. Prevê-se que as populações de répteis e anfíbios que viviam nessas áreas sofreram mortalidade direta, dada sua restrita capacidade de deslocamento. Uma das maiores dificuldades na tentativa de estimar a herpetofauna com ocorrência provável na área de passagem e deposição da lama ao longo do rio Doce é a ausência de dados coletados, especificamente, nessa área previamente ao desastre. A base de dados bibliográficos aponta de forma bastante robusta qual a composição e riqueza de espécies encontradas na macrorregião, mas é limitada quando o objetivo é definir a composição herpetofaunística das áreas mais próximas às regiões afetadas pelo desastre.

Algumas questões podem ser elencadas na tentativa de determinar como ocorreram os danos diretos promovidos pelo extravasamento de lama e quais espécies – entre o rol de táxons previstos no levantamento – teriam sido sujeitos a tais perdas. Presume-se que indivíduos de espécies com hábitos fossoriais e/ou terrestres foram prontamente soterrados pela lama; espécimes arborícolas ou de hábitos arbustivos também podem ter sido dizimadas nas áreas onde houve soterramento de extensões maiores. Vale destacar que o desastre se deu durante a estação chuvosa, o que permite prever a ocorrência de maior concentração populacional de muitas espécies devido à atividade reprodutiva de anuros em áreas alagadas, inclusive espécies com reprodução explosiva (*explosive breeders*), tipo comportamental no qual grandes aglomerações de indivíduos se formam em curtos períodos de tempo, representando parcela importante das respectivas populações locais. Das espécies com ocorrência conhecida na macrorregião, especificamente no alto rio Doce, destacam-se *Bokermanohyla alvarengai, Dendropsophus seniculus*, *Elachistocleis cesarii*, *Leptodactylus jolyi*, *Proceratophrys boiei* e *Odontophhrynus cultripes* como espécies que apresentam padrão de reprodução explosiva associada a períodos de chuva intensa (CANELAS; BERTOLUCI, 2007; SÃO PEDRO; FEIO, 2010). Das 38 espécies que tiveram seus padrões reprodutivos descritos por Canelas e Bertoluci (2007) e São Pedro e Feio (2010), 21 podem ter seus períodos reprodutivos coordenados com a disponibilidade de chuvas intensas na região. O mesmo foi observado por São Pedro e Feio (2010) ao estudarem a sazonalidade e composição dos anfíbios da Serra do Ouro Branco. No entanto, esses autores apontam que microambientes

arbóreos/arbustivos foram os mais utilizados como sítios de vocalização. Quanto à fauna de répteis, sabe-se que em locais sujeitos a regimes de chuva, nesses períodos, há maior número de registros desse grupo faunístico, provavelmente em função da maior disponibilidade de presas (p. ex., anuros correspondem a uma parcela significativa da dieta de serpentes) e do período reprodutivo de grande parte das espécies de escamados (STRÜSSMANN, 2000). Seguindo os mesmos critérios adotados para a intensidade do dano sobre a anurofauna, acredita-se que espécies de répteis aquáticos, que possam estar associadas ao rio Doce na sua porção mais alta, também tenham sofrido soterramento de espécimes que ali estavam no momento do desastre. Exemplos são serpentes do gênero *Helicops*, assim como quelônios dulcícolas. Admite-se, ademais, que qualquer réptil que se encontrava na área de passagem e deposição da lama tenha sido soterrado. Além dos danos referentes à mortalidade direta por soterramento, há ainda a possibilidade de danos por contaminação. Apesar de especulativa, acredita-se que a herpetofauna, principalmente os anuros, possam sofrer consequências desse processo e, nesse sentido, é também importante considerar esse fator na avaliação das espécies mais sujeitas ao dano, como táxons fossoriais (JUNCÁ et al., 2017).

Avifauna: a compilação das espécies com ocorrência conhecida na macrorregião contempla 559 espécies de aves. Esse total refere-se às espécies registradas em avaliações avifaunísticas na região que engloba a bacia em Minas Gerais e no Espírito Santo, excluindo-se táxons que habitam ambientes costeiros e marinhos, tratados em volume próprio. Muitas dessas espécies possuem ocorrência restrita a ambientes de maior altitude, como campos rupestres, não representados nas imediações das áreas atingidas pela lama. Outros táxons, ainda, habitam estratos elevados de ambientes florestais, portanto também menos sujeitos a serem afetados em virtude do presumido menor contato com contaminantes. A filtragem dessa lista teve, assim, o objetivo de elencar as aves que dependem mais propriamente de ambientes ribeirinhos, aquáticos e paludícolas, habitats mais suscetíveis aos danos do desastre. Além das espécies que utilizam diretamente os ambientes aquáticos e paludícolas, muitas espécies florestais também dependem da integridade da vegetação ciliar ao longo do rio Doce. Isso ocorre devido à seleção de alimentos consumidos por essas espécies, que podem ter sido expostos aos efeitos da lama diretamente na água ou nas margens dos rios.

Ao todo, 75 espécies ecologicamente associadas aos ambientes mais sujeitas aos efeitos da lama foram identificadas na lista macrorregional (Tabela 32). A maior parte desse total é de aves com hábitos aquáticos ou paludícolas, com pequena representatividade de táxons terrestres, mas associados a ambientes úmidos devido a padrões de ocupação ambiental ou forrageio – como é o caso de saracuras e gaviões. Embora estas sejam as aves que suscitam maiores preocupações quanto ao potencial de contaminação ou danos a suas populações, outros táxons não relacionados podem ainda estar sujeitos a danos indiretos, como por meio de vias tróficas mais longas (p. ex., corujas insetívoras), ou por utilizarem recursos encontrados em ambientes afetados (p. ex., aves que usam fibras vegetais aquáticas na confecção de ninhos).

Tabela 32 – Lista das espécies de aves terrestres mais suscetíveis aos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG.

Táxon	Nome popular
ANSERIFORMES	
Família Anhimidae	
Anhima cornuta	anhuma
Família Anatidae	
Dendrocygna viduata	irerê
Dendrocygna autumnalis	marreca-cabocla
Cairina moschata	pato-do-mato
Amazonetta brasiliensis	ananaí
Netta erythrophthalma	paturi-preta
Netta peposaca	marrecão
Nomonyx dominicus	marreca-caucau
PODICIPEDIFORMES	
Família Podicipedidae	
Tachybaptus dominicus	mergulhão-pequeno
Podilymbus podiceps	mergulhão-caçador
Podicephorus major	mergulhão-grande
CICONIIFORMES	
Família Ciconiidae	
Ciconia maguari	maguari
Mycteria americana	cabeça-seca
SULIFORMES	
Família Phalacrocoracidae	
Nannopterum brasilianus	biguá
Família Anhingidae	
Anhinga anhinga	biguatinga
PELECANIFORMES	
Família Ardeidae	
Tigrisoma lineatum	socó-boi
Cochlearius cochlearius	arapapá
Botaurus pinnatus	socó-boi-baio
Ixobrychus exilis	socoí-vermelho
Ixobrychus involucris	socoí-amarelo
Nycticorax nycticorax	socó-dorminhoco
Nyctanassa violacea	savacu-de-coroa
Butorides striata	socozinho
Ardea cocoi	garça-moura
Ardea alba	garça-branca
Pilherodius pileatus	garça-real
Egretta thula	garça-branca-pequena
Egretta caerulea	garça-azul
Família Threskiornithidae	

Táxon	Nome popular
Mesembrinibis cayennensis	coró-coró
Platalea ajaja	colhereiro
ACCIPITRIFORMES	
Família Pandionidae	
Pandion haliaetus	águia-pescadora
Família Accipitridae	
Chondrohierax uncinatus	caracoleiro
Circus buffoni	gavião-do-banhado
Rostrhamus sociabilis	gavião-caramujeiro
GRUIFORMES	
Família Aramidae	
Aramus guarauna	carão
Família Rallidae	
Rallus longirostris	saracura-matraca
Aramides cajaneus	saracura-três-potes
Aramides saracura	saracura-do-mato
Laterallus viridis	sanã-castanha
Laterallus melanophaius	sanã-parda
Mustelirallus albicollis	sanã-carijó
Pardirallus nigricans	saracura-sanã
Gallinula galeata	galinha-d'água
Porphyrio martinicus	frango-d'água-azul
Família Heliornithidae	
Heliornis fulica	Picaparra
CHARADRIIFORMES	
Família Charadriidae	
Vanellus cayanus	mexeriqueira
Família Recurvirostridae	
Himantopus mexicanus	pernilongo-de-costas-negras
Himantopus melanurus	pernilongo-de-costas-brancas
Família Scolopacidae	
Gallinago paraguaiae	narceja
Gallinagu undulata	narcejão
Família Jacanidae	
Jacana jacana	jaçanã
Família Rostratulidae	
Nycticryphes semicollaris	narceja-de-bico-torto
Família Sternidae	
Sternula superciliaris	trinta-réis-pequeno
Phaetusa simplex	trinta-réis-grande
Família Rynchopidae	
Rynchops niger	talha-mar
CUCULIFORMES	

Táxon	Nome popular
Família Cuculidae	
Crotophaga major	anu-coroca
CORACIIFORMES	
Família A-edinidae	
Megaceryle torquata	martim-pescador-grande
Chloroceryle amazona	martim-pescador-verde
Chloroceryle americana	martim-pescador-pequeno
Chloroceryle inda	martim-pescador-da-mata
PASSERIFORMES	
Família Furnariidae	
Furnarius leucopus	casaca-de-couro-amarelo
Lochmias nematura	joão-porca
Certhiaxis cinnamomeus	curutié
Synallaxis spixi	joão-teneném
Família Tyrannidae	
Fluvicola nengeta	lavadeira-mascarada
Arundinicola leucocephala	freirinha
Gubernetes yetapa	tesoura-do-brejo
Família Hirundinidae	
Tachycineta albiventer	andorinha-do-rio
Família Parulidae	
Geothlypis aequinoctialis	pia-cobra
Myiothlypis rivularis	pula-pula-ribeirinho
Família Icteridae	
Agelasticus cyanopus	carretão
Chrysomus ruficapillus	garibaldi
Família Thraupidae	
Sporophila lineola	bigodinho
Sporophila collaris	coleiro-do-brejo
Sporophila leucoptera	chorão

Pequenos mamíferos não voadores: a riqueza consignada à macrorregião contempla 15 espécies de marsupiais e 34 de roedores. Esse total refere-se às espécies registradas em avaliações mastofaunística na região que engloba a bacia do rio Doce em Minas Gerais e no Espírito Santo, assim como algumas localidades lindeiras além dos limites dessa bacia. Muitas dessas espécies possuem hábitos arborícolas, presumivelmente em menor risco de terem sido diretamente associados às áreas atingidas pela lama. A filtragem dessa lista teve, assim, o objetivo de elencar pequenos mamíferos não voadores que dependem de ambientes aquáticos e de hábitos fossoriais ou semifossoriais, os quais são tentativamente mais suscetíveis aos danos diretos do desastre.

Ao todo, 10 espécies ecologicamente associadas aos ambientes mais sujeitos aos efeitos da lama foram identificadas na lista macrorregional (Tabela 32 e Tabela 33). Tratam-se de roedores e marsupiais com hábitos aquáticos, fossoriais ou semifossoriais, com pequena representatividade de táxons terrícolas, mas associados a ambientes úmidos – como é o caso de *Nectomys squamipes* e *Metachirus*

nudicaudatus. Embora estime-se que estes sejam os animais que suscitam maiores preocupações quanto ao potencial de contaminação ou danos a suas populações, outros táxons não relacionados podem ainda estar sujeitos a danos indiretos de bioacumulação, por meio de vias tróficas mais longas (p.ex., roedores e marsupiais insetívoros, e que se alimentam de pequenos vertebrados, como anfíbios).

Tabela 33 – Lista das espécies de pequenos mamíferos e respectivos hábitos de vida que os tornam mais suscetíveis aos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG.

Táxon	Hábito
DIDELPHIMORPHIA	
Família Didelphideae	
Metachirus nudicaudatus	Terrícola (próximos a cursos d'água)
Rodentia	
Família Cricetidae	
Abrawayaomys ruschii	Semifossorial
Nectomys squamipes	Terrícola/Semiaquático
Holochilus sciureus	Semiaquático
Oxymycterus delator	Semifossorial
Blarinomys breviceps	Fossorial
Bibimys labiosus	Semifossorial
Oxymycterus dasytrichus	Semifossorial
Família Muridae	
Rattus rattus	Semiaquático
Família Echimydae	
Euryzygomatus spinosus	Semifossorial

Pequenos mamíferos voadores – quirópteros: as espécies de morcegos de maior interesse na indicação dos danos causados pelo desastre são, presumivelmente, as que têm contato direto com corpos d'água. Uma espécie que seria mais claramente afetada é a *Noctilio leporinus*, o morcego-pescador, pois se alimenta de peixes, alevinos e artrópodes aquáticos, capturados diretamente no ambiente aquático (MÉNDEZ; ALVARES-CASTAÑEDA, 2000). Entre os muitos peixes consumidos por esse morcego, estão os das famílias Clupeidae, Atherinopsidae, Mugelidae, Englaulidae, Centropomidae e Carangidae, e entre os artrópodes utilizados na alimentação estão principalmente os das classes Insecta, Crustacea e Arachnida (BORDIGNO; FRANÇA, 2002; BORDIGNON, 2006). Os morcegos insetívoros também apresentam relação estreita com corpos d'água, não só pela maior abundância de insetos nessas áreas, como também por esses ambientes serem um importante recurso para dessedentação, podendo se contaminar de forma direta ao beberem água contaminada (KORINE et al., 2015; NOGUEIRA; PERACCHI, 1998; ZOCCHE et al., 2010). Já os morcegos das demais guildas podem se contaminar de forma indireta por bioacumulação (ZUKAL; PIKULA; BANDOUCHOVA, 2015). Apesar da falta de estudos sobre a contaminação de morcegos frugívoros por metais pesados, na última década estudou-se a ocorrência de bioacumulação de pesticidas nessa guilda (STAHLSCHIMIDT; BRUHL, 2012). Esses animais podem encontrar alimentos contaminados com pesticidas em diversas áreas de cultivo de frutas, e em comparação com outros mamíferos, são considerados potencialmente mais sensíveis à exposição aos pesticidas (STAHLSCHMIDT; BRUHL, 2012). Morcegos hematófagos também podem

se contaminar com metais pesados por bioacumulação, afetando sua imunidade e assim deixando-os mais suscetíveis ao vírus da raiva (BECKER et al., 2017).

Mamíferos de médio e grande porte: no que tange à comunidade biológica definida como mamíferos de médio e grande porte, não há uma distinção marcada entre as espécies potencialmente presentes nas diferentes províncias biogeográficas mencionadas (Mata Paranaense e Floresta Atlântica capixaba, ou Floresta de Tabuleiro).

Entre as espécies de interesse ou possíveis indicadoras de danos causados pelo desastre, deve-se destacar, evidentemente, aquelas que têm estreita relação com o ambiente aquático. Essa relação pode se dar pelo uso direto dos recursos hídricos – grandes corpos d'água ou fitofisionomias associadas ao curso dos rios ou alagados. As espécies de maior interesse nesse contexto, devido a seus hábitos alimentares e comportamentos, são *Lontra longicaudis* (lontra), *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara), *Procyon cancrivorus* (mão-pelada) e *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato). Além disso, é importante considerar táxons especialistas intimamente relacionadas a corpos d'água por outras vias, como *Panthera onca* (onça-pintada), *Cuniculus paca* (paca) e *Tapirus terrestris* (anta).

Lontra longicaudis ocorre por toda a bacia do rio Doce. Possui hábitos semiaquáticos e vive em locais próximo a corpos d'água, estando presente em rios, córregos, lagos, estuários, manguezais e enseadas marinhas (Carvalho-Junior; Banevicius; MAFRA, 2004). Consequentemente, apresenta forte dependência desses ambientes para se alimentar, principalmente de peixes e crustáceos (COLARES; WALDAMARIM, 2000; DE PINHO; FERREIRA; BARATA, 2018; RHEINGANTZ et al., 2011). Embora ocupe áreas perturbadas, não é uma espécie particularmente tolerante a ambientes impactados, muitas vezes utilizando tais áreas apenas para dispersão ou curtos deslocamentos. Devido à posição que ocupa na cadeia trófica, a lontra pode apresentar danos fisiológicos no longo prazo, devido à acumulação de metais pesados (CARVALHO-JUNIOR, 2007).

Outra espécie amplamente distribuída ao longo do rio é *Hydrochoerus hydrochaeris*, maior roedor da América do Sul. É uma espécie semiaquática cuja dieta é composta por gramíneas hidrófilas e vegetação aquática (QUINTANA; MONGE; MALVÁREZ, 1994; REIS et al., 2011). As capivaras são altamente dependentes de corpos d'água permanentes não só para alimentação, mas também para escapar de predadores, para termorregulação e acasalamento (CORRIALE; HERRERA, 2014; HERRERA; MACDONALD, 1993; MACDONALD, 1981; SCHIVO et al., 2015). Além disso, a área de vida da espécie segue a configuração de drenagem, enfatizando a importância da água para sua história natural (HERRERA; MACDONALD, 1989). Semelhante à situação da lontra, a espécie ocorre em áreas antropizadas, mas severas alterações em seu habitat podem afetar a sobrevivência de suas populações.

Procyon cancrivorus, o mão-pelada, habita ambientes florestais e áreas abertas, geralmente associadas a ambientes aquáticos (CHEIDA et al., 2011; GATTI et al., 2006; QUINTELA; IOB; ARTIOLI, 2014). A espécie é frugívora-onívora (PAGLIA et al., 2012), com hábitos alimentares generalistas. Moluscos, crustáceos e peixes constituem importante parcela da dieta dessa espécie, cujas proporções dependem da região habitada (GATTI et al., 2006; PELLANDA et al., 2010; QUINTELA; IOB; ARTIOLI, 2014). Segundo Quintela, Iob e Artioli (2014), populações saudáveis dependem da qualidade do habitat, tornando esse mamífero uma potencial espécie indicadora.

Cerdocyon thous, o cachorro-do-mato, é um dos canídeos neotropicais mais amplamente distribuídos, tolerante a habitats modificados em diferentes graus (ROCHA et al., 2008). É uma espécie onívora, generalista e oportunista (FACURE; MONTEIRO-FILHO, 1996) que frequenta áreas alagadas, reconhecida por utilizar, em proporções variadas, recursos alimentares associados aos cursos d'água (BUENO; MOTTA-JUNIOR, 2004; GATTI et al., 2006; PEDÓ et al., 2006). Semelhante a *P. cancrivorus*, essas características tornam a espécie potencial indicadora da qualidade dos ambientes.

Outras espécies associadas a ambientes bem providos de recursos hídricos, porém com ocorrência regional mais restrita, são os grandes mamíferos como *Tapirus terrestris* e *Panthera onca*, ambas consideradas em perigo de extinção, no âmbito nacional (BRASIL, 2014a) e no Espírito Santo (IPEMA, 2007); e criticamente em perigo, em Minas Gerais (MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008). Em nível mundial, *P. onca* é considerada quase ameaçada (QUIGLEY et al., 2017) e *T.* terrestris, vulnerável (NAVEDA et al., 2008).

Cuniculus paca, uma das espécies mais visadas pela caça, é um roedor de médio porte ecologicamente importante como dispersor de sementes, e agindo como presas importantes de grandes carnívoros (AQUINO; GIL; PEZO, 2009; DUBOST; HENRY, 2006; FOSTER et al., 2016). Fontes de água, como rios, córregos e lagoas, são elementos-chave do habitat ocupado pela espécie (FIGUEROA-DE-LEÓN et al., 2016). As cavidades de abrigo das pacas são frequentemente associadas à água, e a espécie defeca na água para minimizar marcas que possam atrair predadores. Quando ameaçadas, escapam dos predadores entrando em corpos d'água, nadando ou submergindo e abrigando-se submersas por um período de tempo (AQUINO; GIL; PEZO, 2009; FIGUEROA-DE-LEÓN et al., 2016; MUÑOZ; BETANCUR; DUQUE, 2002; PÉREZ, 1992; REIS et al., 2011). A espécie pode suportar algum grau de perturbação na paisagem, mas está sempre relacionada a ambientes florestais com disponibilidade hídrica (FIGUEROA-DE-LEÓN et al., 2016).

Tapirus terrestris habita uma grande variedade de ambientes (GATTI et al., 2017; MEDICI, 2011), mas requer ambientes florestais com fontes de água permanente (FERREGUETTI; TÓMAZ; BERGALLO, 2017; MEDICI, 2010;). As florestas ripárias, por exemplo, são consideradas de extrema importância para a espécie (MEDICI et al., 2012). Essas características tornam a espécie particularmente sensível a alterações nesses ambientes. A espécie foi extinta em grande parte das áreas florestais que margeiam o rio Doce, sendo atualmente presente no PERD (KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016), a principal localidade para manutenção de populações de *T. terrestris* na Mata Atlântica. A relação de *Panthera onca* com a água é similar ao verificado para *T. terrestris*, aspecto amplamente descrito por naturalistas e exploradores. Pesquisas atuais relatam a forte afinidade da espécie por áreas próximo a rios, riachos e áreas alagáveis (CULLEN et al., 2013; MONROY-VILCHIS et al., 2009; POLISAR et al., 2003; SOLLMANN et al., 2012), relacionado especialmente à ocorrência de suas presas preferenciais. Assim como para *Tapirus terrestris*, uma das mais importantes áreas para a conservação da espécie na Mata Atlântica é o PERD.

3.4.3.3 Situação basal da bacia

Outro aspecto relevante a ser considerando, no âmbito da bacia do rio Doce, é a situação ambiental atual da bacia, ou seja, as condições dos remanescentes vegetacionais disponíveis – assim como sua qualidade – para manutenção da fauna. Esse panorama independe dos danos do desastre,

e os efeitos da ocupação humana devem ser levados em conta ao conduzir inferências sobre possíveis danos à fauna atribuíveis à passagem da lama.

A bacia do rio Doce, em decorrência do longo histórico de ocupação humana e uso dos recursos naturais da região, apresenta atualmente elevado grau de degradação (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a). Por exemplo, fragmentos florestais entre as bacias dos rios Piracicaba e Suaçui Grande – na porção oeste do rio Doce – recobrem apenas cerca de 50% da área, dividindo a região com diversos outros usos antrópicos do solo, que seguem pressionando a vegetação nativa original (ALMEIDA et al., 2012). Ao mesmo tempo, dado que essa região é uma das mais bem conservadas da bacia, é razoável admitir que a situação ambiental dos demais setores se encontra ainda mais deteriorada. De fato, especialmente após a ocorrência do desastre, face ao histórico processo de degradação da bacia do rio Doce, considerando o grande déficit de cobertura florestal, especialistas ressaltam que a restauração florestal é uma das ações mais necessárias para elevar a resiliência dos ecossistemas, assim como ao provimento de serviços ecossistêmicos de toda essa região (PIRES et al., 2017).

3.4.4 ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA LINHA-BASE PÓS-DESASTRE

O conceito de linha-base, em avaliações ambientais, busca caracterizar a situação de uma determinada região em um momento temporal, anterior à ocorrência de um evento de especial interesse. No presente caso, a linha-base para avaliação dos danos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, para a fauna silvestre, refere-se à situação desse componente ambiental antes da passagem da lama ao longo da bacia do rio Doce. O conceito tem papel fundamental em biomonitoramentos, pois permite estabelecer um ponto de referência com o qual se comparam os resultados obtidos no decorrer do estudo *in situ*, de modo a verificar alterações em determinados indicadores. Nesse sentido, o primeiro passo para sua construção é a realização de um extensivo levantamento de informações faunísticas da área de estudo. Esses dados buscam determinar a situação ambiental antes do evento de interesse – aqui, o desastre do rompimento da barragem de Fundão –, estabelecendo padrões que auxiliem a identificar e quantificar a ocorrência dos danos do desastre em diferentes componentes ecológicos. A linha-base temporal da fauna pode permitir a definição de duas situações: (i) uma situação "prístina", indicando as condições originais dos ambientes naturais na ausência dos efeitos de qualquer ação humana (MIHOUB et al., 2017); e (ii) uma situação "basal", indicando as condições hipotéticas de uma região na ausência do efeito de interesse, mas considerando a influência de outras atividades humanas (BULL et al., 2014). Este diagnóstico busca atender ao segundo cenário, ou seja, como a comunidade faunística estaria no local *na ausência do evento estudado*, ou *caso o desastre não tivesse ocorrido*, visto que contrastes com uma situação prístina é incompatível com o objetivo de identificar os efeitos do dano.

Há uma série de condições necessárias para que uma linha-base temporal seja adequada (MIHOUB et al., 2017). Informações robustas que permitam acompanhar alterações da qualidade ambiental ao longo do tempo – alicerces comparativos – requerem grande volume de estudos de levantamento e monitoramento dos diversos componentes. Ao mesmo tempo, uma linha-base temporal requer que a caracterização se baseie em dados geograficamente coerentes com a situação de interesse, e forneça robustez estatística para conduzir comparações quali-quantitativas de dados

recentes com as informações basais. Assim, a compilação extensiva das informações disponíveis em uma dada região é necessária para definir se é possível passar a utilizar tais dados como uma linha-base temporal. Não raro, e como foi verificado no presente caso, o volume e a qualidade das informações da biodiversidade não permitem determinar uma linha-base temporal (MIHOUB et al., 2017), o que é particularmente comum no âmbito Neotropical, e força-se a trabalhar com uma linha-base espacial.

Diferentemente do conceito de linha-base temporal, a linha-base espacial assume que localidades geograficamente próximas à região afetada apresentam condições similares aos presentes nos locais afetados antes do efeito em análise, tratando-se de pontos adequados para realizar comparações de diferentes métricas. Esses locais, que representam situações "controle", embora muitas vezes difiram dos pontos de interesse em diversos aspectos ambientais, permitem aferir como o ambiente varia ao longo do tempo em relação à variação verificada nos pontos afetados. Assim, a linha base espacial presta-se como balizadora da qualidade dos componentes biológicos da região, na qual isola-se a influência do efeito sob avaliação.

Ao contrastar a qualidade dos dados obtidos e avaliados em relação às exigências mínimas para construir uma linha-base temporal, tornou-se evidente que – no âmbito desse diagnóstico faunístico – não há informações robustas e adequadas para definir assembleias de referência. Assim, não é razoável determinar uma linha-base temporal com os dados aqui apresentados, pois mesmo que adicionados de informações de diversas outras fontes, aspectos mais específicos para serem utilizados na avaliação – como variações de métricas ecológicas populacionais ou de comunidades – não podem ser acessadas com segurança. Nesse sentido, o levantamento dessas informações prestou-se fundamentalmente para determinar a carência de dados com qualidade e geograficamente coerentes às assembleias em estudo. A orientação a ser seguida, assim, foi a de constituir uma linha-base espacial para conduzir as comparações ao longo do diagnóstico, considerando todas as limitações impostas por essa situação ao tempo em que se permite acompanhar variações regionais das diferentes métricas.

A partir dessa conceituação, o desenho amostral aplicado ao diagnóstico em campo é categorizado como "Após Controle Impacto" (*sensu* DE PALMA et al., 2018), ou seja, serão monitorados sítios Controle e Tratamento (= Impacto) ao mesmo tempo e ao longo de várias campanhas, mas apenas após a ocorrência do impacto de interesse, nesse caso após o dano do rompimento da barragem de Fundão. Nesse desenho, é possível isolar parte dos efeitos de interesse – os efeitos do dano – de variações estocásticas em toda a região, uma vez que se amostram sítios Controle e Tratamento ao mesmo tempo. Por outro lado, visto que o protocolo de amostragem se inicia somente no pós-desastre, o monitoramento não capta os efeitos imediatos do dano (p. ex., mortalidade direta, respostas de fuga) e tampouco conta com dados quantitativos comparáveis no pré-desastre.

O pressuposto que requer maior atenção nesse delineamento refere-se às condições ambientais da área danificada: assume-se que os sítios Controle de cada Unidade Amostral (UA) representam as condições pré-desastre das áreas Tratamento, permitindo tratá-las como linha-base do estudo. Nessa perspectiva, diferenças entre os sítios são reflexo do distúrbio de interesse. No entanto, em virtude da conformação natural dos ambientes estudados, sabe-se que outros fatores também diferenciam os sítios – como variações da declividade e de fisionomias vegetacionais –, aspectos que variam naturalmente no gradiente de afastamento do rio Doce. Assim, para elevar a similaridade ambiental entre

os Tratamento e Controle em uma mesma UA, é forçosa a alocação dos sítios Controle próximos o suficiente dos sítios Tratamento ao tempo em que se mantêm suficientemente distantes para excluir efeitos do dano nas áreas Controle. Dado que essas definições geográficas são invariavelmente subjetivas, De Palma et al. (2018) recomendam amostrar um sítio geograficamente intermediário entre os sítios Tratamento e Controle, o que no presente caso constitui-se de um sítio Tratamento 2, alocado em cada UA.

Portanto, o plano prevê a alocação de três sítios amostrais em cada UA, réplicas espaciais que representam – em sua totalidade – as condições da biota nessas unidades. Os sítios são definidos seguindo um gradiente de *situação* em relação ao dano: um sítio amostral próximo ao leito do rio Doce ou afluente afetado pela lama, nominado Tratamento 1; um sítio algo mais distante da margem do rio, mas presumivelmente ainda sob efeito dos danos, nominado Tratamento 2; e um sítio alocado pelo menos 1.000 m da margem do rio, considerado livre dos efeitos do dano, nominado Controle.

3.5 ÁREAS PARA CONSERVAÇÃO

Consideram-se **área para conservação** dos ambientes terrestres, para fins de avaliação dos dados de linha-base, as UCs, as Áreas Prioritárias para Conservação (APCs), utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, o corredor central da Mata Atlântica e reservas da biosfera encontradas na área de abrangência do estudo.

Neste relatório encontram-se descritas informações das UCs terrestres e outras áreas protegidas, não sendo consideradas as UCs costeiras e marinhas, apresentadas em outro volume deste estudo. De acordo com a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e também criado o conceito de UC, que pode ser definido como:

> Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Ainda de acordo com a mesma lei, foram definidos os conceitos de UCs de proteção integral e de uso sustentável, entre outros termos. A proteção integral das UCs é a manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais. As categorias desse grupo estão divididas em:

- Estação Ecológica (EE): tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas.
- Reserva Biológica (ReBio): tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.
- Parque Nacional (ParNa): tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas

científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

- Monumento Natural (MoNa): tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
- Refúgio de Vida Silvestre (ReViS): tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Já as UCs de uso sustentável são as que permitem a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável. As categorias desse grupo estão divididas em:

- Área de Proteção Ambiental (APA): tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
- Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE): é uma área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.
- Floresta Nacional (FloNa): é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.
- Reserva Extrativista (ResEx): é uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.
- Reserva de Fauna (ResFa): é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
- Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS): tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por essas populações.
- Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN): é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

Quanto as Áreas Protegidas, diagnosticou-se na área de abrangência deste estudo a presença de Áreas de Proteção Especial. Baseado em Costa (2013), em seu ensaio, é citado que segundo a Lei Federal nº 6.766/1979, essas áreas tem por objeto disciplinar regramentos para o parcelamento do solo urbano, exigindo do poder público atenção especial à determinados espaços territoriais que, em virtude da relevância de seus atributos ambientais, culturais, paisagísticos, históricos, científicos e outros, devem gozar de uma proteção singular, que imponha limitações às ações desregradas, típicas da natureza humana, a fim de garantir a perpetuidade desse espaço, a bem da sadia qualidade de vida da coletividade.

As esferas dos órgãos responsáveis pelas UCs podem ser federais, estaduais ou municipais. Sendo o órgão federal o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), os órgãos estaduais Instituto Estadual de Florestas (Minas Gerais), Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Espírito Santo) e os órgãos municipais que variam de acordo com cada município.

3.5.1 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

Para a identificação dessas áreas sujeitas aos potenciais danos decorrentes do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, partiu-se do critério de 10 km de distância das margens do rio Doce. Essa distância foi adotada com base no art. 27 do Decreto Federal nº 99.274/1990, que dispõe que nas áreas circundantes das UCs, num raio de 10 km, qualquer atividade que possa afetar a biota fica subordinada às normas editadas pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Apesar da adoção de uma faixa de 3 km para UCs que ainda não possuam zona de amortecimento estabelecida, na Resolução Conama nº 428/2010, a disposição do art. 27 do referido decreto permanece referida na legislação ambiental. Assim sendo, para o levantamento das áreas para conservação consideradas neste estudo utilizou esse critério para a descrição das informações pertinentes a cada uma delas.

3.5.2 METODOLOGIA

A caracterização das UCs baseou-se em informações consultadas nas bases de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE/MG), do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF/MG), do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Prístino e Fundação Biodiversitas. Desses dados, obteve-se o objetivo de criação das UCs, o órgão responsável, o uso, o decreto de criação, a data de criação e uma descrição geral das UCs. Algumas unidades possuem informações escassas, indicando-se tais limitações no corpo do relatório. Neste estudo, as UCs foram divididas de acordo com sua localização em ambiente terrestre, costeiro e marinho, sendo as UCs localizadas em ambiente costeiro e marinho, apresentando seus resultados em volume específico sobre esses ambientes.

Para o levantamento de Áreas Prioritárias para Conservação (APCs), foram coletadas informações da Portaria mmA nº 9, de 23 de janeiro de 2007, a 1ª atualização das APCs (BRASIL, 2007). Além disso, para as Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade de Minas Gerais foi realizada a consulta no estudo técnico desenvolvido pela Fundação Biodiversitas (2005). A caracterização das áreas é feita com base em uma descrição geral dessas APCs, bem como citadas algumas das suas respectivas ações prioritárias.

Para a obtenção de informações técnicas referentes aos Corredores de Biodiversidade foram realizadas consultas em obras como Galindo-Leal e Câmara (2005) e Arruda e Sá (2003). Por fim, para definir as Reservas da Biosfera contempladas na área de abrangência, foram utilizados dados georreferenciados (RBMA, 2009; INSTITUTO PRÍSTINO, 2017) e cujas informações são aqui sintetizadas.

3.5.3 RESULTADOS

3.5.3.1 Unidades de conservação e áreas protegidas

Foram identificadas 34 áreas protegidas, divididas em 31 UCs terrestres e 3 áreas de proteção especial. Quanto às UCs, 25 são de uso sustentável, 6 de proteção integral e 3 de outras categorias. Abaixo pode ser verificada a relação das UCs levantadas para a área deste estudo seguindo os aspectos metodológicos aplicados, onde pode ser percebida a respectiva categoria de manejo, bem como seu tamanho em hectares.

Tabela 34 – Unidades de conservação terrestres inseridas na área de abrangência do estudo.

Ordem	Unidade de Conservação	Categoria de Manejo	Tamanho UC (ha)
T1	Área de Proteção Ambiental Estadual Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte	**US**	163.250,10
T2	Parque Nacional da Serra do Gandarela	**PI**	31.270,83
T3	Reserva Particular do Patrimônio Natural Santuário da Serra do Caraça	**US**	10.187,89
T4	Reserva Particular do Patrimônio Natural Horto Alegria	**US**	1.064,00
T5	Floresta Estadual do Uaimii	**US**	4.398,16
T6	Área de Proteção Especial Ouro Preto/Mariana	**Outras**	247.200,00
T7	Área de Proteção Ambiental Municipal Carvão de Pedra	**US**	18.053,87
T8	Área de Proteção Ambiental Municipal Barra Longa	**US**	4.321,00
T9	Reserva Particular do Patrimônio Natural José Luiz Magalhães Netto	**US**	17.350,00
T10	Área de Proteção Ambiental Municipal Nascentes do Ribeirão Sacramento	**US**	6.686,07
T11	Área de Proteção Ambiental Municipal Dionísio	**US**	22.909,37
T12	Área de Proteção Ambiental Municipal Córrego Novo	**US**	11.742,00
T13	Área de Proteção Ambiental Municipal Pingo-d'Água	**US**	3.994,50
T14	Parque Estadual do Rio Doce	**PI**	35.970,00
T15	Área de Proteção Ambiental Municipal Belém	**US**	3.247,12
T16	Área de Proteção Ambiental Municipal Bom Jesus do Galho	**US**	29.230,00
T17	Área de Proteção Ambiental Municipal Lagoa Silvana	**US**	5.793,00
T18	Área de Proteção Especial Estadual Áreas Adjacentes ao Parque Estadual do Rio Doce	**Outras**	5.950,52
T19	Área de Proteção Ambiental Serra do Timóteo	**US**	4.400,00
T20	Reserva Particular do Patrimônio Natural Usipa	**US**	204,13
T21	Reserva Particular do Patrimônio Natural Lagoa Silvana*	**US**	255,86
T22	Área de Proteção Ambiental Municipal Ipanema	**US**	7,40

Ordem	Unidade de Conservação	Categoria de Manejo	Tamanho UC (ha)
T23	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Macedônia	**US**	560,00
T24	Área de Proteção Ambiental Municipal Santana do Paraíso	**US**	18.522
T25	Área de Proteção Ambiental Municipal Belo Oriente	**US**	18.309
T26	Monumento Natural Municipal Gruta Nossa Senhora da Lapa	**PI**	20,28
T27	Área de Proteção Ambiental Estadual Cachoeira das Andorinhas	**US**	18.700,00
T28	Parque Natural Municipal de Governador Valadares	**PI**	40,30
T29	Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna	**PI**	1.076,21
T30	Área de Proteção Especial Estadual Pico da Ibituruna*	**Outras**	-
T31	Reserva Particular do Patrimônio Natural 07 de Outubro	**US**	522,00
T32	Parque Estadual Sete Salões	**PI**	12.520,90
T33	Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão	**US**	608,69
T34	Floresta Nacional de Goytacazes	**US**	1.423,96

Nota: PI = Proteção Integral. US = Uso Sustentável. *Unidades internas a outras UCs, sem descrição independente no texto.

As UCs de proteção integral identificadas foram parques nacionais, parques estaduais, parques municipais, monumentos naturais, reservas biológicas e refúgio da vida silvestre. As UCs de uso sustentável encontradas foram áreas de proteção ambiental, florestas nacionais, florestas estaduais, reserva de desenvolvimento sustentável e reservas particulares do patrimônio natural. Nas Figura 107 e Figura 108 podem ser visualizadas as UCs e outras áreas protegidas diagnosticadas na área de abrangência deste estudo.

Figura 107 – Unidades de conservação terrestre inseridas na área de abrangência do estudo (parte 1).

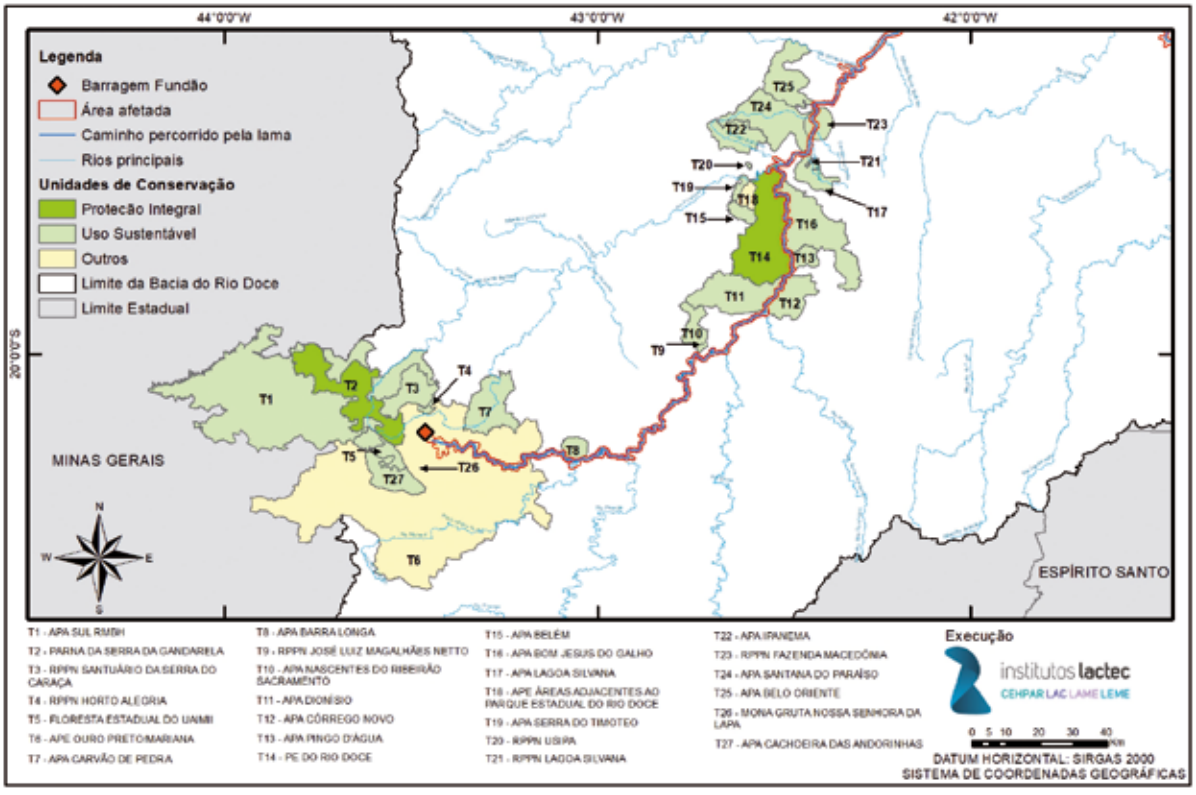
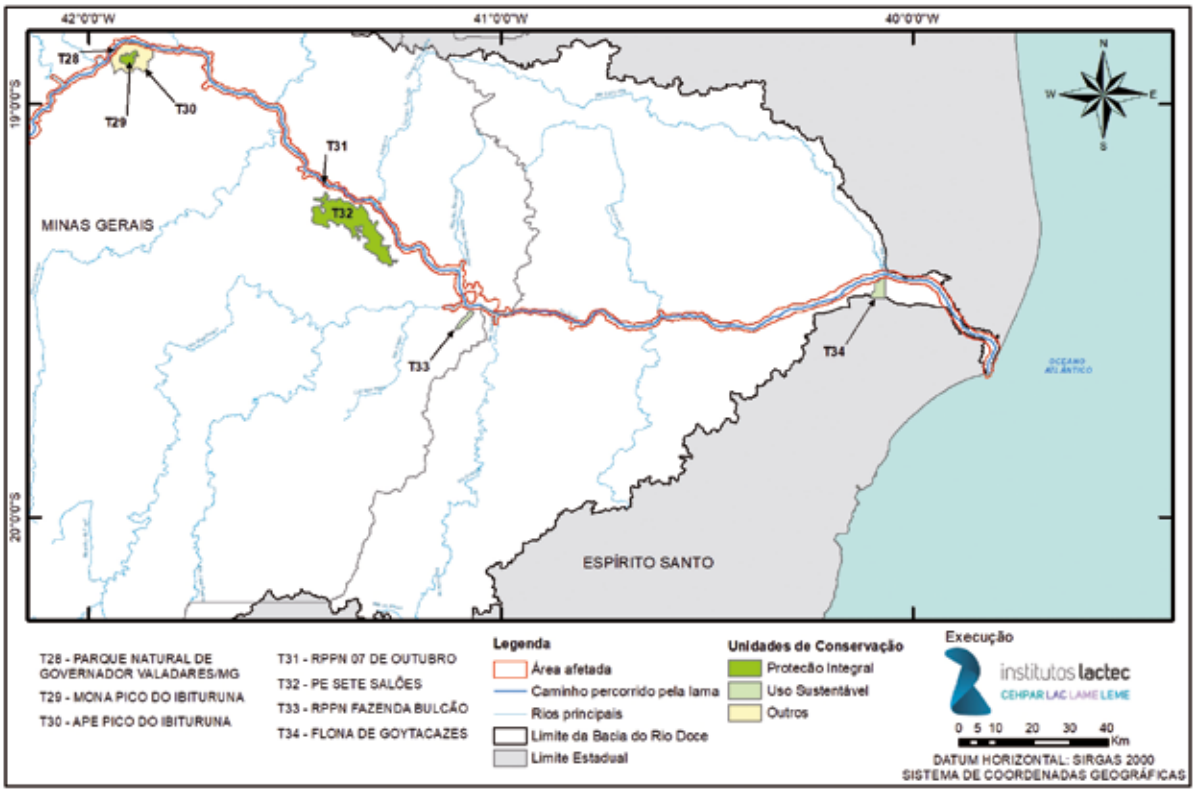


Figura 108 – Unidades de conservação terrestre inseridas na área de abrangência do estudo (parte 2).



A seguir são apresentadas algumas informações encontradas a respeito dessas UCs e áreas protegidas relacionadas acima. Em linhas gerais, encontram-se descritos dados pertinentes a seus respectivos atos de criação, localização, objetivo de criação, instituição responsável pela sua gestão e também características importantes sobre sua biodiversidade e outras especificidades que envolvem a referida UC.

3.5.3.1.1 Área de Proteção Ambiental Estadual Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte

A APA Estadual Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH) é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 163.250,10 hectares, pelo Decreto nº 35.624, de 8 de junho de 1994, com o objetivo de proteger e conservar os sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos necessários ao abastecimento da população da RMBH e áreas adjacentes, com vistas à melhoria de qualidade de vida da população local, à proteção dos ecossistemas e ao desenvolvimento sustentável (MINAS GERAIS, 1994).

O IEF é a instância estadual responsável pela sua gestão, a qual abrange os municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Ibirité, Itabirito, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Santa Bárbara. Posteriormente, com a Lei Estadual nº 13.960, de 26 de julho de 2001, ficou declarada como APA, além dos municípios citados no Decreto Estadual nº 35.624/1994, as regiões situadas nos municípios de Barão de Cocais, Catas Altas, Mário Campos e Sarzedo (IEF, 2017a).

Na APA Sul RMBH, estão presentes duas grandes bacias hidrográficas, rio São Francisco e rio Doce, que respondem pelo abastecimento de aproximadamente 70% da população de Belo Horizonte e 50% da população de sua região metropolitana. A área possui uma das maiores extensões de cobertura vegetal nativa contínua do estado mineiro, abrangendo regiões conhecidas como Caraça e Gandarela. Ocorrem também as matas úmidas de fundos de vales e as matas de altitude e grandes formações rochosas. Essas características determinam inestimável valor em termos de biodiversidade.

3.5.3.1.2 Parque Nacional da Serra do Gandarela

O Parque Nacional da Serra do Gandarela (ParNaSGa) é do grupo de proteção integral e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criado com 31.270,83 hectares, pelo Decreto sem número, de 13 de outubro de 2014, com o objetivo de garantir a preservação de amostras do patrimônio biológico, geológico, espeleológico e hidrológico, associado às formações de canga do QF, incluindo os campos rupestres e os remanescentes de floresta semidecidual, as áreas de recarga de aquíferos e o conjunto cênico constituído por serras, platôs, vegetação natural, rios e cachoeiras (BRASIL, 2014b).

O ICMBio é o órgão federal responsável pela gestão dessa UC. Infelizmente sua criação não obedeceu às recomendações técnicas e anseios dos movimentos sociais envolvidos, ficando sua delimitação aquém do necessário para preservar o geossistema de cangas ferruginosas da região central de Minas Gerais, que protegem e alimentam os aquíferos mais importantes para o abastecimento dos municípios do entorno da Serra do Gandarela, de Belo Horizonte e sua região metropolitana (ISA, 2017).

Além disso, a criação não respeitou o pedido de comunidades dos municípios de Santa Bárbara e Barão de Cocais de criação de uma RDS complementar à área do Parque Nacional. Houve, ainda, um avanço sobre áreas nas quais essas comunidades desenvolvem atividades tradicionais, mais uma vez acirrando a situação de conflito de sobreposição de territórios.

3.5.3.1.3 Reserva Particular do Patrimônio Natural Santuário da Serra do Caraça

A RPPN Santuário da Serra do Caraça é de esfera federal e do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal de transição entre cerrado, Mata Atlântica e campo rupestre. Foi criada com 10.187,89 hectares, pela Portaria Ibama nº 32-N, de 30 de março de 1994. A reserva abrange os municípios de Catas Altas e Santa Bárbara (IEF, 2017b).

3.5.3.1.4 Reserva Particular do Patrimônio Natural Horto Alegria

A RPPN Horto Alegria é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 1.064,00 hectares, pela Portaria IEF nº 138, de 24 de julho de 2008. A RPPN está localizada no município de Mariana e o proprietário é a Companhia Vale do Rio Doce (IEF, 2017b).

3.5.3.1.5 Floresta Estadual do Uaimii

A Floresta Estadual do Uaimii é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 4.398,16 hectares, pelo Decreto sem nº, de 21 de outubro de 2003. O IEF é a instância estadual responsável pela sua gestão. A UC está localizada no município de Ouro Preto (IEF, 2017b).

3.5.3.1.6 Área de Proteção Especial Ouro Preto/Mariana

Apesar da APE não ser regulamentada como UC pela lei do SNUC, a APE Ouro Preto/Mariana foi criada pelo Decreto nº 21.224, de 25 de fevereiro de 1981, para fins de preservação, conservação e valorização do patrimônio cultural, histórico e paisagístico (MINAS GERAIS, 1981). A área que compreende a APE está distribuída no município de Ouro Preto, com 1.274 km², e no município de Mariana, com 1.198 km², representando 247.200,00 ha de área protegida.

3.5.3.1.7 Área de Proteção Ambiental Municipal Carvão de Pedra

A APA Carvão de Pedra é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 18.053,87 hectares, pela Lei nº 1.620, de 26 de novembro de 2002 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Alvinópolis. A prefeitura municipal é o órgão responsável pela sua gestão.

3.5.3.1.8 Área de Proteção Ambiental Municipal Barra Longa

A APA Barra Longa é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 4.321 hectares, pelo Decreto nº 961, de 27 de dezembro de 2001 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Barra Longa. A prefeitura municipal possui responsabilidade da sua gestão.

3.5.3.1.9 Reserva Particular do Patrimônio Natural José Luiz Magalhães Netto

A RPPN José Luiz Magalhães Netto é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 17.350 hectares, pela Portaria IEF nº 104, de 3 de junho de 2008 (IEF, 2017b). A RPPN está localizada no município de São José do Goiabal.

3.5.3.1.10 Área de Proteção Ambiental Municipal Nascentes do Ribeirão Sacramento

A APA Nascentes do Ribeirão Sacramento é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 6.686,07 hectares, pela Lei nº 792, de 15 de outubro de 2002 (IEF, 2017b).

3.5.3.1.11 Área de Proteção Ambiental Municipal Dionísio

A APA Dionísio é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 22.909,37 hectares, pela Lei nº 244, de 1 de fevereiro de 2000 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Dionísio. A prefeitura municipal é responsável pela sua gestão.

3.5.3.1.12 Área de Proteção Ambiental Municipal Córrego Novo

A APA Córrego Novo é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 11.742,00 hectares, pela Lei nº 695, de 25 de fevereiro de 2003, com o objetivo de proteger e conservar os sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos, com vistas à melhoria de qualidade de vida da população local, à proteção dos ecossistemas e ao desenvolvimento sustentável (CÓRREGO NOVO, 2003).

A Prefeitura Municipal de Córrego Novo é responsável pela sua gestão. A APA Córrego Novo está localizada na porção oeste do município de Córrego Novo, situado na região do vale do Rio Doce – leste do estado de Minas Gerais (CÓRREGO NOVO, 2008).

Algumas das atividades desenvolvidas na área da APA são em sua maioria atividades agropecuárias, de lazer e entretenimento e atividades preservacionistas. Entretanto, ainda existem atividades conflitantes, como a caça ilegal, incêndios florestais e, até mesmo, algumas atividades de recreação.

3.5.3.1.13 Área de Proteção Ambiental Municipal Pingo-d'Água

A APA Pingo-d'Água é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 3.994,50 hectares, pelo Decreto nº 28, de 7 de agosto de 2001 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Pingo-d'Água.

3.5.3.1.14 Parque Estadual do Rio Doce

O Parque Estadual do Rio Doce é uma UC de proteção integral e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criado com 35.970 hectares, pela Lei nº 1.119, de 14 de julho de 1944, com o objetivo de conservar curiosidades naturais, impedir a modificação de aspectos paisagísticos interessantes, proteger e manter a fauna e a flora peculiares às várias regiões do estado, preservar e regular as fontes mananciais (MINAS GERAIS, 1944).

O IEF é o órgão estadual responsável pela sua gestão. A UC está situada na porção sudoeste do estado, a 248 km de Belo Horizonte, na região do vale do Aço, inserido nos municípios de Marliéria, Dionísio e Timóteo. Ela abriga a maior floresta tropical de Minas Gerais, foi a primeira UC estadual criada no estado (IEF, 2017c) e possui extrema importância biológica.

O PERD é composto por árvores centenárias, madeiras nobres de grande porte e uma infinidade de animais nativos que compõem o cenário de um dos poucos remanescentes de Mata Atlântica no Brasil. Além de possuir um notável sistema lacustre, composto por quarenta lagoas naturais, entre as quais se destaca a lagoa Dom Helvécio, com 6,7 km² de área e profundidade de até 32,5 metros, o parque proporciona um espetáculo de rara beleza. As lagoas abrigam uma grande diversidade de peixes, que servem de importante instrumento para estudos e pesquisas da fauna aquática nativa, com espécies como bagre, cará, lambari, cumbaca, manjuba, piabinha, traíra e tucunaré.

No rio Doce, é possível encontrar espécies da avifauna como o beija-flor besourinho, chauá, jacuaçu, saíra, anumará, entre outros. Animais conhecidos da fauna brasileira também são frequentes na UC. A capivara, anta, macacos-prego, sauá, paca e cotia, bem como espécies ameaçadas de extinção, como a onça-pintada, o macuco e o mono-carvoeiro, o maior primata das Américas.

Com o objetivo de aproveitar a riqueza da flora, de forma sustentável, o parque possui um herbário, que possibilita a identificação de espécies, principalmente, por meio da análise de suas características morfológicas, constituindo a base de pesquisas taxonômicas.

Desde a adesão do Brasil à Convenção sobre as Zonas Úmidas de Importância Internacional, ou Convenção de Ramsar, tratado realizado na cidade Ramsar, no Irã, em 1971, com a presença de diversos países, no intuito de preservar ambientes denominados áreas úmidas, 12 locais brasileiros foram aprovados e fazem parte da lista de zonas úmidas de grande importância. Entre eles, está o PERD, desde 26 de fevereiro de 2010 (IEF, 2017b).

Os sítios Ramsar foram criados com o objetivo de promover a conservação desses ambientes e a utilização de seus recursos naturais de forma sustentável, garantindo investimentos em pesquisa e preservação com financiamento internacional.

Segundo o Comitê Nacional de Zonas Úmidas (CNZU), no Brasil:

> Áreas Úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentes ou periodicamente inundados ou com solos encharcados. As águas podem ser doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hídrica. (IEF, 2017b).

No Brasil, apenas locais estabelecidos como UCs podem se tornar um sítio Ramsar, situação que leva ao reconhecimento internacional e facilita a adoção de medidas para proteção e conservação do ambiente.

O PERD é uma das 12 UCs escolhidas como zonas úmidas, que representam uma fonte de diversidade biológica, influenciam o regime de água em extensas regiões, são habitat de espécies endêmicas, aves migratórias, e proporcionam o clima ideal para reprodução e desenvolvimento de muitas espécies, tornando sua preservação extremamente importante e necessária.

3.5.3.1.15 Área de Proteção Ambiental Municipal Belém

A APA Municipal Belém é de esfera municipal e do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 3.247,12 hectares, pela Lei nº 782, de 20 de junho de 2002 (IEF, 2017b).

3.5.3.1.16 Área de Proteção Ambiental Municipal Bom Jesus do Galho

A APA Bom Jesus do Galho é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 29.230,00 hectares, pela Lei nº 968, de 29 de abril de 2002, com o objetivo de proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando à melhor qualidade de vida da população local, bem como à proteção de ecossistemas regionais (BOM JESUS DO GALHO, 2002). O Departamento da Agricultura do município de Bom Jesus do Galho é o órgão municipal responsável pela gestão da APA.

3.5.3.1.17 Área de Proteção Ambiental Municipal Lagoa Silvana

A APA Lagoa Silvana é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 5.793 hectares, pela Lei nº 2.447, de 27 de fevereiro de 1998 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Caratinga. Em seu interior está localizada a RPPN Lagoa Silvana. A RPPN é do grupo de uso sustentável, criada pela Portaria IEF nº 206/2012, com uma área de 255,86 hectares.

3.5.3.1.18 Área de Proteção Especial Estadual Áreas Adjacentes ao Parque Estadual do Rio Doce

A APE Áreas Adjacentes ao PERD foi criada pelo Decreto nº 38.155, de 24 de julho de 1996. A área que compreende a APE está distribuída no município de Marliéria com 3.247,12 ha e no município de Timóteo com 2.703,40 ha, totalizando 5.950,52 ha. O órgão ambiental responsável pela APE é o IEF.

3.5.3.1.19 Área de Proteção Ambiental Serra do Timóteo

A APA Serra do Timóteo é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 4.400 hectares, pela Lei nº 2.451, de 4 de junho de 2003 (BRASIL, 2017c).

A APA Serra do Timóteo é a maior reserva ambiental do município e abrange as regiões de leste, sul, sudoeste, norte, sudeste e nordeste. A área é considerada estratégica para o desenvolvimento sustentável do município, com foco na expansão industrial e habitacional, além do turismo ecológico (TIMÓTEO, 2013).

A Prefeitura Municipal de Timóteo é responsável pela gestão da APA e iniciou conversações com a Fundação Arthur Bernardes (Funarbe), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), para uma cooperação técnico-científica na elaboração do plano de manejo e do zoneamento econômico-ecológico da APA Serra do Timóteo. O objetivo é garantir a correta utilização da APA sem prejuízos para a expansão urbana e industrial da cidade e sem degradar o importante patrimônio ambiental do município.

A prefeitura de Timóteo noticiou que a iniciativa atende às solicitações do Ministério Público, com quem o município assinou um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) para a regulação do uso da APA. Seu uso ainda não foi regulamentado por um plano de manejo, por esse motivo a Curadoria de Meio Ambiente do Ministério Público exige que haja diretrizes para o crescimento ordenado na área (TIMÓTEO, 2013).

Segundo a Secretaria de Planejamento, a parceria com a Funarbe vai permitir um completo levantamento da área da APA no tocante à sua fauna e flora, hidrografia e clima, ocupação e atividades, bem como o seu uso para habitação, agropecuária e industrial. A parceria vai fornecer dados de geoprocessamento, mapas e fotos, que vão auxiliar na elaboração do plano de manejo.

3.5.3.1.20 Reserva Particular do Patrimônio Natural Usipa

A RPPN Usipa é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 204,13 hectares, pela Portaria IEF nº 92, de 6 de dezembro de 2016. A RPPN está localizada no município de Ipatinga. A RPPN pertence à empresa Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS) (IEF, 2017b).

3.5.3.1.21 Área de Proteção Ambiental Municipal Ipanema

A APA Municipal Ipanema é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 7,40 hectares, pela Lei nº 1.535, de 26 de agosto de 1997. A prefeitura municipal de Ipatinga é o órgão responsável pela sua gestão (IEF, 2017b).

3.5.3.1.22 Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Macedônia

A RPPN Fazenda Macedônia é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada pela Portaria nº 111, de 14 de outubro de 1994 (BRASIL, 2017c).

A Fazenda Macedônia está localizada na margem direita do rio Doce, no município de Ipaba no estado de Minas Gerais. É considerada um dos principais remanescentes de Mata Atlântica no estado. Os estudos de monitoramento ambientais realizados na Fazenda já possibilitaram o registro de 161

espécies de aves e 27 espécies de mamíferos de médio e grande portes, sendo 6 espécies de aves e 3 de mamíferos encontradas nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção (CENIBRA, 2014).

3.5.3.1.23 Área de Proteção Ambiental Municipal Santana do Paraíso

A APA Santana do Paraíso é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 18.522 hectares, pelo Decreto nº 066, de 10 de maio de 1999 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Santana do Paraíso.

3.5.3.1.24 Área de Proteção Ambiental Municipal Belo Oriente

A APA Belo Oriente é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 18.309 hectares, pelo Decreto nº 67, de 20 de março de 2002 (IEF, 2017b). A APA está localizada no município de Belo Oriente.

3.5.3.1.25 Monumento Natural Municipal Gruta Nossa Senhora da Lapa

O Monumento Natural Municipal Gruta Nossa Senhora da Lapa é do grupo de proteção integral e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criado pelo Ato Legal nº 695, de 12 de setembro de 2011. A Secretaria de Meio Ambiente do município de Ouro Preto é o órgão municipal responsável pela sua gestão (OURO PRETO, 2011).

3.5.3.1.26 Área de Proteção Ambiental Estadual Cachoeira das Andorinhas

A APA Estadual Cachoeira das Andorinhas é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 18.700,0 hectares pelo Decreto nº 30.264, de 16 de outubro de 1989, com o objetivo de preservar as nascentes do alto do rio das Velhas, as quais contribuem para a captação de água do sistema de abastecimento da RMBH. Além disso, a região constitui patrimônio natural de reconhecido valor histórico, cultural e turístico (SCALCO; GONTIJO, 2009).

Abrange o distrito de São Bartolomeu, parte da zona rural do município de Ouro Preto. O IEF é a instância estadual responsável pela APA. Na APA estão inseridos a Floresta Estadual Uaimii e o Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas.

3.5.3.1.27 Parque Natural Municipal de Governador Valadares

O Parque Natural Municipal de Governador Valadares é do grupo de proteção integral e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criado com 40,30 hectares, pelo Decreto nº 9.532, de 6 de junho de 2011 (GOVERNADOR VALADARES, 2011). Os objetivos do parque são proteger os remanescentes florestais e a fauna no bioma Mata Atlântica, possibilitando a realização de pesquisa científica; integrar o mosaico de áreas protegidas da região do Ibituruna, integrando corredor ecológico e ampliando a conectividade entre o pico Ibituruna e o rio Doce; recuperar as áreas degradadas pelo exercício da atividade agropecuária na área da UC; destinar espaços para a promoção de educação e interpretação ambiental e valorização das manifestações culturais e tradições locais; e destinar espaços públicos para lazer, recreação e práticas esportivas em contato com a natureza (GOVERNADOR VALADARES, 2011).

A Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Abastecimento de Governador Valadares é responsável pela sua gestão. O parque tangencia as margens do rio Doce e protege os remanescentes da Mata Atlântica (GOVERNADOR VALADARES, 2015).

Em média quase nove mil pessoas visitam a UC por mês, tendo a oportunidade de conhecer o que restou da Mata Atlântica no município. É possível encontrar na área do parque 55 espécies vegetais, destas: 24 são nativas, 14 exóticas, 12 herbáceas e 5 trepadeiras. Entre os animais identificados pela direção do parque, estão: capivara, tatu, macaco, sagui, quati, gambá, lagarto teiú, cobras (coral, jararaca, verde), esquilos e pássaros (sabiá, bem-te-vi, anu-preto, anu-branco e maritaca).

3.5.3.1.28 Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna

O Monumento Natural Estadual Pico da Ibituruna é do grupo de proteção integral e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criado com 1.076,21 hectares, pela Lei nº 21.158, de 17 de janeiro de 2014, com o objetivo de garantir maior proteção à área já tombada pela Constituição Estadual e também abrigar uma APE dos mananciais ali existentes (IEF, 2017d); além de integrar o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) e o SNUC (MINAS GERAIS, 2014).

A UC está inserida no bioma Mata Atlântica e é o maior remanescente florestal contínuo do município de Governador Valadares. A região abrange a APE Pico da Ibituruna, é também uma das mais importantes na preservação de mananciais dos recursos hídricos da região do rio Doce e é fonte de abastecimento de água para a população local (IEF, 2017d).

O Pico da Ibituruna, com seus 1.123 metros de altitude, é considerado um dos principais locais para a prática de voo livre (asa-delta e *paraglider*) no mundo. A área também recebe um grande número de praticantes de escalada, além de turistas interessados em conhecer suas belezas naturais.

3.5.3.1.29 Reserva Particular do Patrimônio Natural 07 de Outubro

A RPPN 07 de Outubro é do grupo de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 522 hectares, pela Portaria IEF nº 4, de 4 de janeiro de 2012 (IEF, 2017b). A RPPN está localizada no município de Conselheiro Pena. A gestão dessa UC é realizada pelo seu proprietário.

3.5.3.1.30 Parque Estadual Sete Salões

O Parque Estadual Sete Salões é do grupo de proteção integral e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criado com 12.520,90 hectares, pelo Decreto nº 39.908, de 22 de setembro de 1998, com o objetivo de proteger a fauna e a flora regionais, as nascentes dos rios e córregos da região, além de criar condições ao desenvolvimento de pesquisas e estudos científicos e alternativas de uso racional dos recursos naturais, como o ecoturismo (MINAS GERAIS, 1998).

O IEF é a instância estadual responsável pelo parque. Localizado nos municípios de Conselheiro Pena, Itueta, Resplendor e Santa Rita do Itueto, na região do médio rio Doce, o Parque Estadual Sete Salões é um importante remanescente de Mata Atlântica associada a formações de campos rupestres e florestas de candeias. É essencial na recarga hídrica, pois nele nascem 20 córregos que abastecem a região (IEF, 2013).

Possui atrativos naturais de referência, como a caverna Sete Salões e o Pico do Garrafão. O relevo montanhoso em vários locais encontra-se recoberto por grandes formações rochosas, que na

região servem de marcos de localização e dominam a paisagem local. O ponto culminante do parque é o Pico de Sete Salões, que compõe a beleza do cenário com seus 1.135 metros de altitude (IEF, 2017e).

Os remanescentes florestais distribuem-se ao longo dos cursos d'água, onde se destacam espécies arbóreas, como a peroba, a braúna e o jacarandá. As matas possuem muitos cipós, bromélias e orquídeas, dispostos em nichos ecológicos específicos, ao longo dos estratos de vegetação. A flora possui espécies como sapucaia, quaresmeira, vinhático, ipê-amarelo, sempre-vivas e canelas-de-ema.

Os campos rupestres são ricos em espécies adaptadas a ambientes de estresse hídrico, com evidência para a diversidade de orquídeas, encontradas nas rochas e no solo exposto das montanhas.

Registros importantes sobre a fauna local já foram feitos, com destaque para o urubu-rei, gato-do-mato, onça-parda e bugio, espécies ameaçadas de extinção que habitam as matas de Sete Salões. Existem também referências sobre grande diversidade de aves, que necessitam, prioritariamente, de ambientes florestais para sua sobrevivência.

3.5.3.1.31 Reserva Particular do Patrimônio Natural Fazenda Bulcão

A RPPN Fazenda Bulcão é do grupo de uso sustentável e o bioma em que está inserido é a Mata Atlântica. Foi criada com 608,69 hectares, pela Portaria IEF nº 8, de 7 de outubro de 1998 (IEF, 2017b).

A área da UC se encontrava totalmente degradada em 1997. Com o intuito de fazer a recuperação da área em 1999, houve o primeiro plantio, e até 2013 faltavam menos de 10% para restauração completa da área (INSTITUTO TERRA, 2013). Foram encontradas na Fazenda Bulcão, aproximadamente, 172 espécies de aves, 33 espécies de mamíferos, 15 espécies de anfíbios e répteis e 293 espécies vegetais.

3.5.3.1.32 Floresta Nacional de Goytacazes

A FloNa de Goytacazes é do grupo de uso de uso sustentável e de jurisdição legal da Mata Atlântica. Foi criada com 1.423,96 hectares, pelo Decreto sem número, de 28 de novembro de 2002, e ampliada pelo Decreto sem número, de 5 de junho de 2012, sendo o objetivo geral o manejo de uso múltiplo sustentável dos recursos naturais, a educação ambiental e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas, proteção dos recursos hídricos e a recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 2012).

O ICMBio é a instância federal responsável pela FloNa. A UC está inserida no distrito de Bebedouro, localizado na porção centro-sul do município de Linhares e ao sul do rio Doce (ICMBIO, 2013).

Na região de localização da FloNa, observa-se o predomínio de extensas planuras referentes a morfologias de suave inclinação, sustentadas exclusivamente pelo domínio morfoestrutural denominado de depósitos sedimentares. Tal domínio morfoestrutural se estende por uma ampla região no estado do Espírito Santo e também por boa parte da região costeira centro-norte, sendo subdividido em duas regiões geomorfológicas distintas, sendo elas os piemontes inumados e as planícies costeiras.

A FloNa de Goytacazes abrange relevante remanescente de Floresta Ombrófila Densa de Aluvião em diferentes estágios de regeneração, porém com um percentual representativo para o estágio avançado/floresta madura. Foram encontradas 291 espécies, distribuídas em 57 famílias. As famílias mais representativas são *Leguminosae* e *Myrtaceae*, representando 27,8% das espécies, evidenciando alta riqueza.

3.5.3.2 Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

Estas áreas são definidas como sendo um instrumento de política pública para apoiar a tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, no planejamento e implementação de ações, como criação de UCs, licenciamento, fiscalização e fomento ao uso sustentável (MMA, 2007). A identificação dessas áreas, bem como a revisão sobre seu conhecimento e a realização de ações recomendadas, é de extrema importância para a gestão ambiental e a conservação dos recursos naturais. Diante da carência de informações sobre como e o que preservar prioritariamente, um dos maiores desafios para os responsáveis pelas decisões é a definição de planos de ação para a conservação da biodiversidade (BIODIVERSITAS, 2005).

Essas áreas são definidas por meio de critérios e conceitos do Planejamento Sistemático para Conservação (MARGULES; PRESSEY, 2000), que envolvem aspectos como alvos de conservação, metas, representatividade, complementariedade, insubstituibilidade, eficiência, flexibilidade e vulnerabilidade. Essa abordagem metodológica está em constante aprimoramento, especialmente quando são inseridas tecnologias que dão suporte para a tomada de decisão, como geossoluções e modelagem matemática. Para cada área identificada, foram descritas suas características, ameaças, oportunidades de conservação, grau de importância e prioridade de implementação do conjunto de ações de conservação, uso sustentável e repartição de benefícios considerados mais adequados (MMA, 2007). Baseado nesse mesmo autor, as ações recomendadas envolvem conservação, manejo, pesquisa e instituições, sendo:

- Ações de conservação: criação de Unidades de Conservação, ampliação de Unidades de Conservação existentes, estabelecimento de áreas de exclusão de pesca, incentivo ao estabelecimento de mosaicos de áreas protegidas, fiscalização e controle, entre outros;
- Ações de manejo: Implementação e consolidação de Unidades de Conservação, manejo de bacias hidrográficas e dos recursos hídricos, recuperação de áreas degradadas, estabelecimento de corredores ecológicos, manejo sustentável dos recursos naturais, manejo de espécies-praga ou invasoras, solução de conflitos de gestão em áreas protegidas, fiscalização e controle, entre outros;
- Ações de pesquisa: Realização de inventários biológicos, monitoramento da biodiversidade, estudo de dinâmicas populacionais específicas, pesquisas de longo prazo, entre outros;
- Ações institucionais: homologação de Terras Indígenas, reconhecimento de Terras de Quilombos, implantação de Comitês de Bacias, Zoneamento Ecológico-econômico, implantação de programas de educação ambiental, implementação de mecanismos econômicos para apoiar a conservação da biodiversidade, entre outros; e
- Outras Ações necessárias.

As áreas identificadas são classificadas de acordo com seu grau de importância biológica e com a urgência para implementação das ações sugeridas, onde importância biológica é dividida em áreas extremamente alta, muito alta, alta; e insuficientemente conhecida e urgência são divididas em extremamente alta, muito alta e alta (BRASIL, 2007).

Com base no banco de dados do Ministério do Meio Ambiente, foram identificadas 11 (onze) áreas de proteção para conservação terrestres dentro da área de estudo proposta na metodologia deste relatório. Abaixo, segue a descrição da denominação, características, ações, importância biológica, ações prioritárias, oportunidades e ameaçadas para cada área diagnosticada na área de abrangência deste estudo.

3.5.3.2.1 *Complexo Lagunar*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica. A ação prioritária é que seja realizado um inventário biológico para aumentar o conhecimento sobre as espécies existentes nessa região. No complexo lagunar, há presença de espécies ameaçadas (aves, répteis e mamíferos) e espécies globalmente ameaçadas. Sua flora é composta pela Flona de Goytacazes, pela floresta de tabuleiro de vários estágios sucessionais de regeneração e as matas ciliares do rio Doce.

Atividades sustentáveis agroflorestais, potenciais no turismo, são algumas das oportunidades que o complexo oferece. As ameaças se resumem a pressões imobiliárias, à caça ilegal (esportiva) e de subsistência, além do tráfico de animais silvestres. Os municípios que estão na área de estudo são Colatina, Linhares e Marilândia, no estado do Espírito Santo.

3.5.3.2.2 *Corredor Sete Salões/Aimorés*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica e possui importância alta e prioridade extremamente alta para o desenvolvimento de ações conservacionistas. A ação prioritária é que haja ordenamento territorial nessa região. Esse corredor abriga uma grande riqueza de avifauna. Os municípios que estão na área de estudo e que pertencem ao corredor são Aimorés, Conselheiro Pena, Itueta e Resplendor, no estado de Minas Gerais, e Baixo Gandu e Colatina, no estado do Espírito Santo.

3.5.3.2.3 *Entorno Nordeste do Parque Estadual do Rio Doce*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica e possui importância biológica alta e prioridade extremamente alta. A ação prioritária recomendada é a criação de UC de proteção integral. A área do entorno nordeste do PERD é bastante fragmentada, porém abriga remanescentes e espécies ameaçadas. As oportunidades que podem ser desenvolvidas vão desde potencializar o turismo, criar corredores (Projeto de Proteção da Mata Atlântica – Promata), iniciativas e/ou potencial de uso sustentável da região até a educação ambiental.

Bom Jesus do Galho, Caratinga, Ibapa, Ipatinga, Marliéria, Santana do Paraíso e Timóteo, no estado de Minas Gerais, são os municípios que estão no entorno sudoeste do rio Doce que estão na área de estudo.

3.5.3.2.4 *Entorno Sudoeste do Parque Estadual do Rio Doce*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica. A ação prioritária é que seja criado o Corredor/Mosaico entre as UCs inseridas nesse polígono, sendo que esta possui uma importância alta e prioridade extremamente alta para o desenvolvimento de ações conservacionistas. A área do entorno sudoeste do PERD é bastante fragmentada, porém abriga diversas espécies ameaçadas. As

oportunidades que podem ser desenvolvidas são preservar as UCs existentes, potencializar o turismo e criar corredores de biodiversidade.

Córrego Novo, Dionísio, Marliéria, Pingo-d'Água, Raul Soares, Rio Casca, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros e Sem Peixe, no estado de Minas Gerais, são os municípios que estão no entorno sudoeste do rio Doce que estão na área de estudo.

3.5.3.2.5 *FloNa de Goytacazes*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica e possui importância biológica extremamente alta e prioridade muito alta. A caça e o intenso corte de madeira são ameaças reais a essa UC, a qual está localizada no município de Linhares, no estado do Espírito Santo.

3.5.3.2.6 *Parque Estadual Sete Salões*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica, e possui elevada importância biológica e prioridade de ação extremamente alta. Entre as ações, recomenda-se o desenvolvimento de inventários biológicos. Os municípios que estão na área de estudo e que pertencem ao Parque Estadual são Conselheiro Pena, Itueta, Resplendor e Santa Rita do Itueto, no estado de Minas Gerais.

3.5.3.2.7 *Parque Estadual do Rio Doce*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica, e possui elevada importância biológica e prioridade de ação extremamente alta. Entre as ações, recomenda-se o desenvolvimento de inventários biológicos. Os municípios que estão na área de estudo e que pertencem ao Parque Estadual são Caratinga, Dionísio, Ipatinga, Marliéria, Pingo-d'Água e Timóteo, no estado de Minas Gerais.

3.5.3.2.8 *Planície Costeira do Rio Doce*

Esta APC é caracterizada como sendo uma área antropizada, tendo a ocorrência de espécies globalmente ameaçadas de extinção, como o bugio-marrom (*Alouatta guariba guariba*), o macaco-prego-de-crista (*Sapajus robustus*), ouriço-preto (*Chaetomys subspinosus*) e a preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*). Entre as ameaças antrópicas, são citadas a exploração de petróleo, pesca predatória, proximidade de complexo industrial de grande porte, exploração e transporte de petróleo, proximidade do Portocel, implantação do porto de Barra do Riacho, presença de emissário submarino, e poluição. Dessa forma, é considerada uma área com uma importância biológica extremamente alta, assim como a prioridade de ação. Entre as ações recomendadas para essa área, encontram-se relatadas a criação de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável e a manutenção dos recursos hídricos.

3.5.3.2.9 *Quadrilátero Ferrífero*

Esta APC está inserida no bioma da Mata Atlântica, e possui importância biológica e prioridade extremamente alta de desenvolvimento de ações conservacionistas, entre elas, recomenda-se a criação de uma UC. Além disso, recomendam-se ações para agilizar o processo de normatização do uso e ocupação dos campos rupestres ferruginosos e criar o plano de manejo para UCs não contempladas na base disponível.

A diversidade do QF se divide em endemismos de fauna e flora. Abriga também importantes mananciais de abastecimento da RMBH. As oportunidades dessa área envolvem uma proposta de Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) para os campos rupestres ferruginosos da região.

As ameaças dessa área são aquelas relacionadas às atividades antrópicas, como a mineração, a urbanização, as queimadas e a agricultura. Os possíveis municípios atingidos dentro do QF e que estão no entorno do rio Doce são os municípios de Auvinópolis, Mariana e Ouro Preto, no estado de Minas Gerais.

3.5.3.2.10 *Reserva Biológica (ReBio) Comboios*

Esta é uma UC de proteção integral com importância biológica extremamente alta e prioridade de ação alta. Nessa UC, são encontrados sítios de desova de tartarugas marinhas e também a presença de duas espécies de primatas globalmente ameaçadas. Entre as principais ameaças relatadas em Brasil (2007), encontram-se a invasão de animais domésticos (principalmente cachorros), crescimento urbano, terminal de petróleo e gás de Regência, riscos das atividades petrolíferas, carvoarias no entorno da UC e pressão antrópica de indígenas no limite sul desta.

3.5.3.2.11 *Terra Indígena Krenak*

A Terra Indígena Krenak está inserida no bioma da Mata Atlântica. Essa área é insuficientemente conhecida e tem alta prioridade para o desenvolvimento de ações que visem aumentar o seu conhecimento biológico. O município que está na área de estudo é Resplendor, no estado de Minas Gerais.

Na Figura 109 podem ser visualizadas as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade terrestre diagnosticadas na área de abrangência deste estudo.

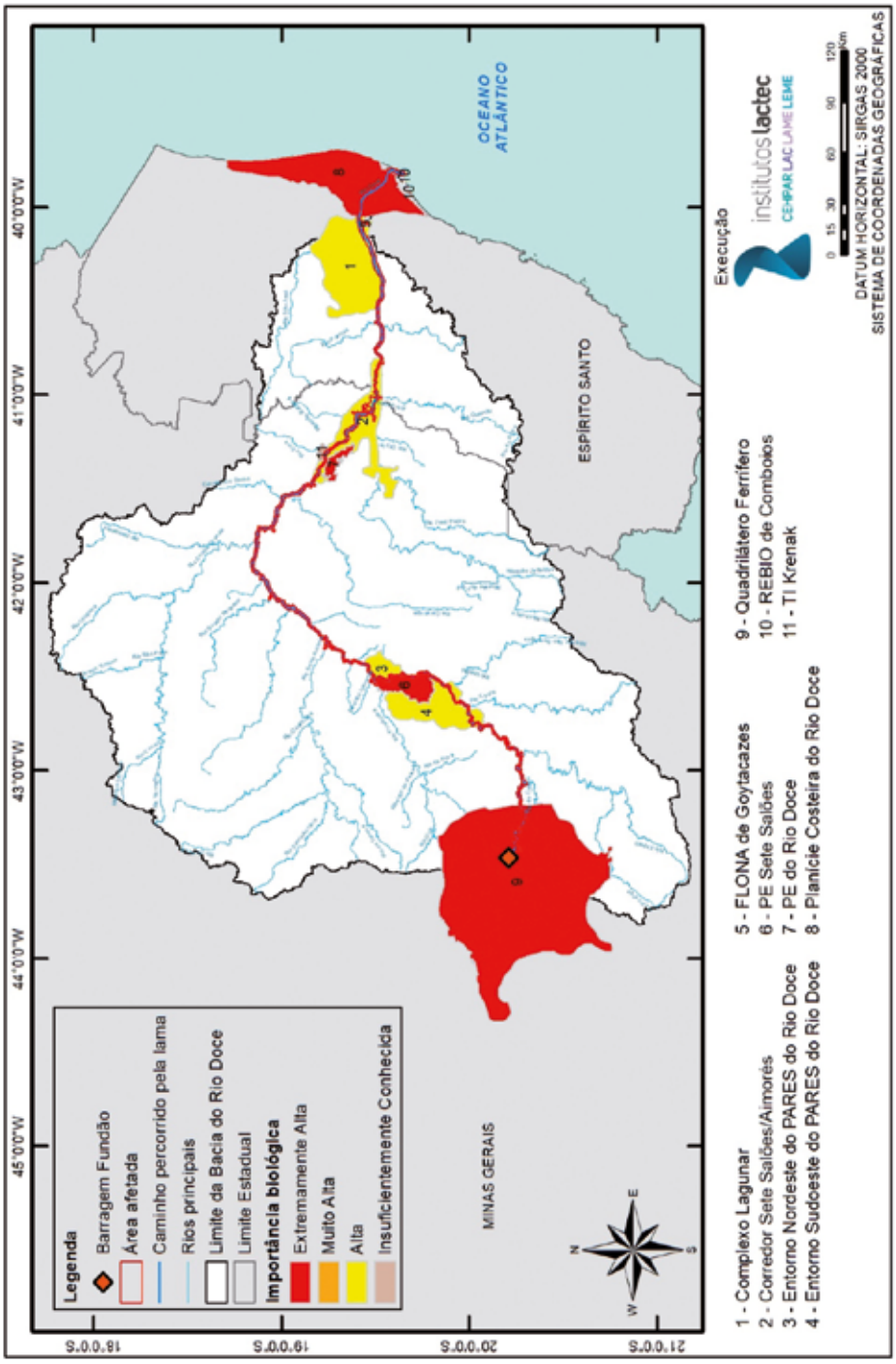


Figura 109 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade terrestres levantadas para a região do estudo.

Fonte: Brasil (2007).

De forma pioneira no planejamento ambiental do estado de Minas Gerais, a Fundação Biodiversitas tem organizado o Atlas para a Conservação da Biodiversidade, que tem por objetivo identificar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade mineira.

Diversos especialistas foram consultados para a identificação dessas áreas, sendo avaliado desde o estado de conhecimento, as lacunas de informação e o grau de conservação dos grupos taxonômicos. Foram analisados também riqueza total de espécies, riqueza de espécies endêmicas, ameaçadas e raras, presença de espécies não protegidas em UCs, presença de espécie de distribuição restrita à área proposta, presença de ambiente único no Estado, ou seja, ambiente que, em Minas Gerais, se restringe à área proposta, ocorrência de fenômeno biológico especial, como, por exemplo, ninhais e pontos de migração, presença de remanescente de vegetação significativo, grau de conservação da área, grau de ameaça da área.

Após a definição das áreas baseadas nesses critérios, estas foram categorizadas em níveis de importância biológica: especial, extrema, muito alta, alta e potencial. Biodiversitas (2005) definiu essas categorias da seguinte forma:

- **Importância biológica especial:** áreas com ocorrência de espécie(s) restrita(s) à área e/ou ambiente(s) único(s) no Estado;
- **Importância biológica extrema**: áreas com alta riqueza de espécies endêmicas, ameaçadas ou raras no Estado e/ou fenômeno biológico especial;
- **Importância biológica muito alta:** áreas com média riqueza de espécies endêmicas, ameaçadas ou raras no Estado e/ou que representem extensos remanescentes significativos, altamente ameaçados ou com alto grau de conservação;
- **Importância biológica alta**: áreas com alta riqueza de espécies em geral, presença de espécies raras ou ameaçadas no Estado, e/ou que representem remanescente de vegetação significativo ou com alto grau de conectividade;
- **Importância biológica potencial:** áreas insuficientemente conhecidas, mas com provável importância biológica, sendo, portanto, prioritárias para investigação científica.

Com base nas informações obtidas no mapeamento realizado para o Atlas para a Conservação da Biodiversidade, foram identificadas 13 APCs terrestres dentro da área de estudo. Abaixo, segue a descrição de informações relevantes sobre cada uma dessas áreas diagnosticadas.

No trecho mais próximo à barragem da Fundão, no QF, são encontradas duas áreas prioritárias: Quadrilátero Ferrífero e Floresta da Borda Leste do Quadrilátero (FBLQ).

A área do QF possui importância biológica especial, devido à ocorrência de espécie(s) restrita(s) à área e/ou ambiente(s) único(s) no Estado. Como justificativa para inclusão dessa área como prioritária para a conservação, tem-se:

- área com índice de pressão econômica extremo a alto, com grandes conflitos de uso (exploração mineral, expansão urbana e condomínios, captação de água e manutenção da vegetação nativa, turismo ecológico e rural);
- prática da olericultura (cultivo de legumes) com uso abusivo de agrotóxicos (necessidade de novas alternativas) – implementação efetiva do plano de gestão da APA Sul de Belo Horizonte;

- aumentar o controle dos efluentes líquidos e sólidos dos diversos condomínios e bairros da região;
- reforçar o controle efetivo das barragens de contenção de resíduos minerais;
- desenvolver estratégias de recuperação de áreas degradadas com espécies da sucessão da vegetação local;
- desenvolver programa especial de combate à utilização de agrotóxicos nas regiões de Carandaí e Ibirité e estímulo à conversão para agricultura orgânica;
- cumprimento da legislação de recuperação de áreas degradadas;
- desenvolver projetos com novas tecnologias de recuperação de áreas degradadas para pequenas mineradoras da região;
- desenvolver estudo visando a alternativas de SAF em áreas de mata ciliar, grotões e nascentes.

Como pressões antrópicas, Biodiversitas (2005) cita a exploração mineral, especialmente minério de ferro; expansão urbana da RMBH, principalmente condomínios nos municípios de Nova Lima, Brumadinho, Rio Acima e Itabirito; grande número de barragens e diques de contenção de rejeitos; desmatamento para implantação de condomínios e abertura de novas áreas de mata; queimadas e incêndios criminosos, especialmente no entorno e nas UCs; e uso de agrotóxicos para prática de olericultura. Como recomendações específicas para essa região, tem-se a criação de UC, desenvolvimento de inventário biológico, desenvolvimento de projetos de recuperação ambiental e educação ambiental.

Entre as principais características da FBLQ, destaca-se a sua extrema importância biológica. Nessa região ocorre uma alta riqueza de espécies de aves raras, endêmicas e ameaçadas de extinção, bem como de outros grupos de animais. As pressões antrópicas encontradas são as atividades agropecuárias, expansão de condomínios e a prática de queimadas. Entre as recomendações, é sugerido o estímulo ao planejamento e ordenamento da atividade turística, enfocando também aspectos de sustentabilidade, especialmente nos trechos da Estrada Real.

A área denominada rio Piranga possui importância biológica muito alta devido à elevada riqueza de espécies dos diferentes grupos taxonômicos, a presença de remanescentes florestais em elevado grau de conservação e presença de espécies ameaçadas. Como pressões antrópicas nessa região, destacam-se o desmatamento, barragem, assoreamento, expansão urbana com poluição orgânica, dejetos suínos e introdução de peixes exóticos. São recomendadas o desenvolvimento de ações de manutenção de trechos lóticos significativos, melhoria da qualidade da água, recomposição da vegetação ciliar e melhoria e implementação de mecanismos de transposição de peixes.

A região do PERD é considerada como importância biológica especial. Essa área é um dos últimos grandes remanescentes de Mata Atlântica no Estado, ocorrem espécies ameaçadas, endêmicas, restritas, alta riqueza de espécies, elevada diversidade de ambientes, sendo considerado como ambiente único no Estado. Entre as pressões antrópicas, têm-se desmatamento, plantio de eucalipto, expansão urbana sem planejamento, isolamento da área, mineração, turismo, poluição e chuva ácida. Como recomendações específicas dessa APC, têm-se aumentar a proteção da parte norte da UC; desenvolver projetos de educação ambiental; realizar o monitoramento de peixes exóticos (predadores de larvas de odonata e outros invertebrados aquáticos); propor medidas adequadas para o manejo do eucalipto;

recuperação de áreas degradadas e aumento da conectividade no entorno da UC; controle de espécies introduzidas; recomposição da cobertura vegetal das bacias de drenagem das lagoas; realizar o monitoramento de espécies pouco conhecidas ou ameaçadas; e ampliar a UC.

O entorno do PERD é considerado com importância biológica alta, tendo como justificativa para inclusão dessa área a sua fundamental importância como zona tampão, criando uma região de amortecimento de impactos antrópicos originados pelas atividades econômicas desenvolvidas. A redução da utilização do reflorestamento como fonte energética poderá mudar toda a estrutura de utilização da terra na região, possibilitando o aumento considerável do impacto negativo. Essa área apresenta remanescentes significativos de vegetação nativa, com aves e mamíferos ameaçados de extinção. Entre as pressões antrópicas, encontra-se descrita a possibilidade de substituição do reflorestamento por atividades pecuárias, o que poderá impactar negativamente o fluxo de mamíferos de médio porte entre o PERD e o entorno. São recomendadas para essa área a promoção de conectividade entre os remanescentes e entre estes e a vegetação do PERD; recuperação de áreas degradadas; inventariamento mastofaunístico detalhado para as espécies de grande porte; e monitoramento efetivo da área de entorno em relação aos conflitos entre proprietários rurais e felinos de grande porte.

As lagoas do rio Doce são consideradas APCs de importância biológica especial, devido às suas características de ambiente único e presença de espécie de distribuição restrita (*Oligosarcus solitarius*). Entre as pressões antrópicas, destacam-se o desmatamento, silvicultura, agrotóxico, introdução de peixes, poluição orgânica. Recomenda-se a criação de UC para aumentar a proteção dessas lagoas em ambas as margens do rio Doce.

A região da RPPN Fazenda Macedônia é considerada como prioritária para a conservação da biodiversidade mineira por sua importância biológica muito alta, conceituada como área com média riqueza de espécies endêmicas, ameaçadas ou raras no Estado e/ou que representem extensos remanescentes significativos, altamente ameaçados ou com alto grau de conservação. Considera-se como único remanescente de Mata Atlântica desse porte no Estado (> 500 ha), abriga grande número de espécies ameaçadas e endêmicas, alta riqueza de espécies, destaca-se pela promoção da conectividade entre fragmentos florestais da região e pela ocorrência do *Callithrix flaviceps*.

A bacia do rio Suaçuí Grande tem importância biológica muito alta, onde dentro das suas principais características estão a presença de ambientes aquáticos, várzea e vegetação ciliar. Entre as principais justificativas para inclusão dessa área como prioritária, estão a presença de espécies ameaçadas e, também, a existência de um grande remanescente lótico do rio Doce. Entre as pressões antrópicas, destacam-se a presença de barragens, desmatamento e assoreamento do rio. São recomendados que sejam realizados inventariamentos biológicos nessa região para aumentar o conhecimento.

O Parque Estadual Sete Salões é considerado uma APC de importância biológica alta, composto por áreas de Floresta Estacional Semidecidua, Mata de Altitude e vegetação xérica. Justifica-se sua determinação como área prioritária devido à existência de um complexo de cinco fragmentos de mata de importância biológica muito alta e importância biológica especial para primatas, além da presença de uma cavidade quartzítica de grande extensão com elevado número de espécies de invertebrados. Entre as ações recomendadas para essa área, destacam-se o desenvolvimento de projetos de educação ambiental e também a elaboração e implementação do plano de manejo da referida UC.

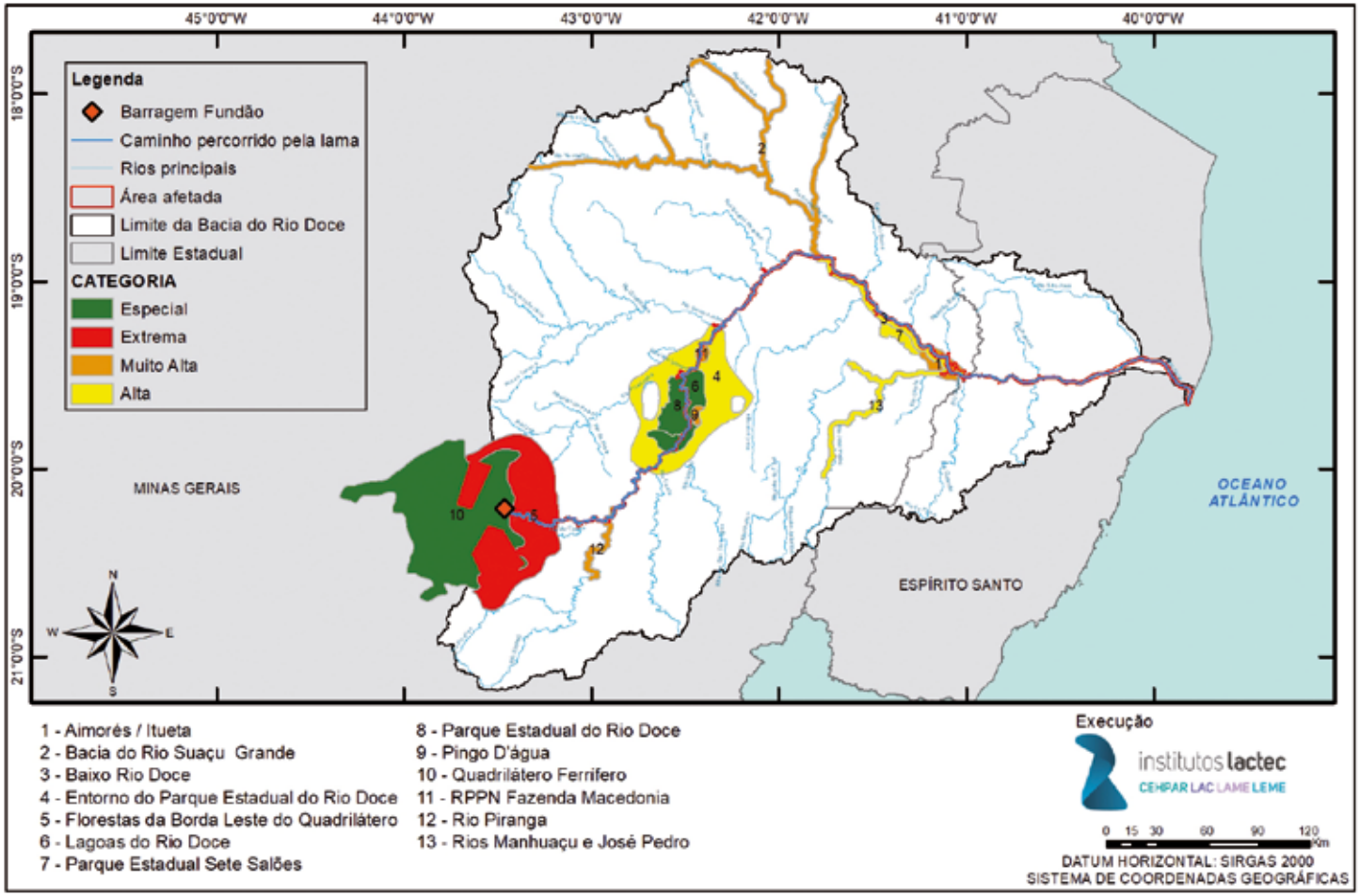
A APC denominada baixo rio Doce, compreendida pelos municípios de Governador Valadares, Resplendor, Itueta, Conselheiro Pena, Tumiritinga, Aimorés e Galileia, possui importância biológica alta. Justifica-se a inserção dessa área por suas características de ser um remanescente lótico significativo com elevada riqueza e presença de espécies ameaçadas. Como pressões antrópicas diagnosticadas para essa área, têm-se: barramentos, poluição, espécies exóticas, assoreamento e desmatamento. São recomendados o desenvolvimento de ações de recuperação de mata ciliar, despoluição e transposição na UHE Aimorés, bem como a realização de inventários biológicos.

Os rios Manhuaçu e José Pedro até a sua desembocadura no rio Doce são considerados de importância biológica alta, tendo elevada riqueza de espécies, presença de remanescente lótico e presença de espécies ameaçadas de peixes (*Steindachneridion doceana* e *Brycon devillei*), tendo por principais ameaças o desmatamento, assoreamento, poluição e a drenagem de várzeas. A principal ação recomendada para essa região é a recuperação ambiental.

A região de Aimorés e Itueta é considerada uma APC de importância biológica muito alta. Entre as justificativas para a determinação como área prioritária, destacam-se a presença de espécies de aves ameaçadas de extinção. Única localidade com registro de *Caprimulgus hirundinaceus vielliard* em Minas Gerais, que apresenta rigorosas exigências ecológicas, sendo estritamente adaptada aos afloramentos rochosos. Entre as pressões antrópicas, registrou-se o desmatamento e caça ilegais, queimadas, exploração dos afloramentos rochosos, pisoteio de gado nos afloramentos destruindo ovos e filhotes de *C. h. vielliard*. Como recomendações, sugere-se a criação de UCs, a proteção dos afloramentos rochosos, a promoção de conectividade entre fragmentos florestais e vegetação nativa, estudos de impacto de atividades mineradoras, estudo e conservação da população de *Caprimulgus hirundinaceus* e *Amazona rhodocorytha*, e desenvolvimento de programa de educação ambiental envolvendo a comunidade, sobre a situação da Mata Atlântica da região e das espécies ameaçadas e raras.

A Figura 110 representa as APCs em Minas Gerais localizadas na área de abrangência deste estudo.

Figura 110 – Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade em Minas Gerais inseridas na área de abrangência deste estudo.



Fonte: Biodiversitas (2005).

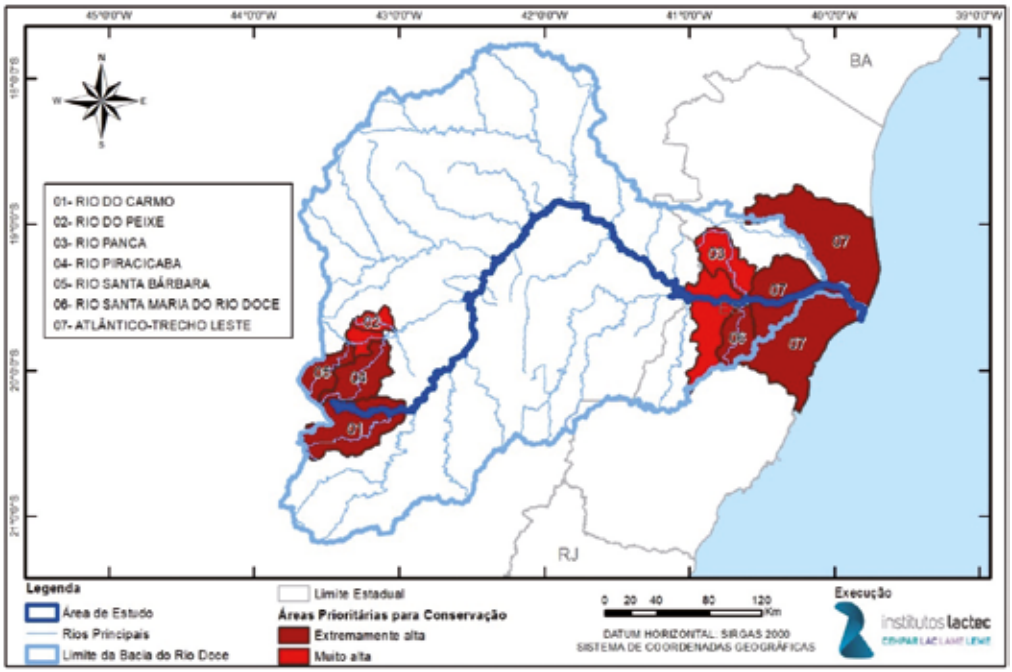
3.5.3.3 Áreas prioritárias para conservação da flora

Em virtude dos altos níveis de riqueza e endemismo de plantas e animais, associados à destruição que vem sofrendo, a Mata Atlântica é considerada um dos 34 *hotspots* que necessitam de ações prioritárias para conservação da biodiversidade mundial (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2004). Contudo, apesar de os remanescentes de Mata Atlântica existirem em pequenos tamanhos (menores que 100 ha) e encontrarem-se isolados em uma paisagem, onde predominam as atividades de pecuária, agricultura e silvicultura, as estimativas recentes para a Mata Atlântica sugerem uma diversidade botânica extraordinária, representada por cerca de 14.800 espécies de plantas vasculares, sendo que 50% são endêmicas (SILVA; CASTELETI, 2003; FORZZA et al., 2012).

Os esforços para a conservação da Mata Atlântica situada na bacia do rio Doce enfrentam grandes desafios, pois os ambientes naturais foram e ainda são gradativamente substituídos pela pecuária, agricultura, silvicultura de eucalipto, ocupação urbana e outras formas de intervenção antrópica (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a).

Em 2014, o Centro Nacional da Conservação da Flora e o Laboratório de Conservação da Universidade Federal de Goiás publicaram as Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção (LOYOLA et al., 2014), que têm por um dos objetivos apresentar a “maximização do valor de conservação” para identificar as microbacias mais importantes para reter a qualidade e a conectividade de *habitat* para a conservação da diversidade biológica (LOYOLA et al., 2014). Entre essas áreas, constam sete microbacias prioritárias (Figura 111), sendo quatro de prioridade extremamente alta (uma na microbacia do rio do Carmo e três no rio Doce); e três categorizadas como muito alta (todas situadas no baixo rio Doce). As microbacias são territórios considerados como representações máximas, em que, nas áreas indicadas como prioritárias, encontra-se o maior valor de conservação possível para garantir a sobrevivência da flora brasileira ameaçada de extinção (LOYOLA et al., 2014). Espera-se com isso favorecer áreas com maior proporção de vegetação nativa, evitando áreas com intensa urbanização, uso intenso para agropecuária e mineração ou sobrepostas às UCs e terras indígenas já estabelecidas (LOYOLA et al., 2014).

Figura 111 – Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção.

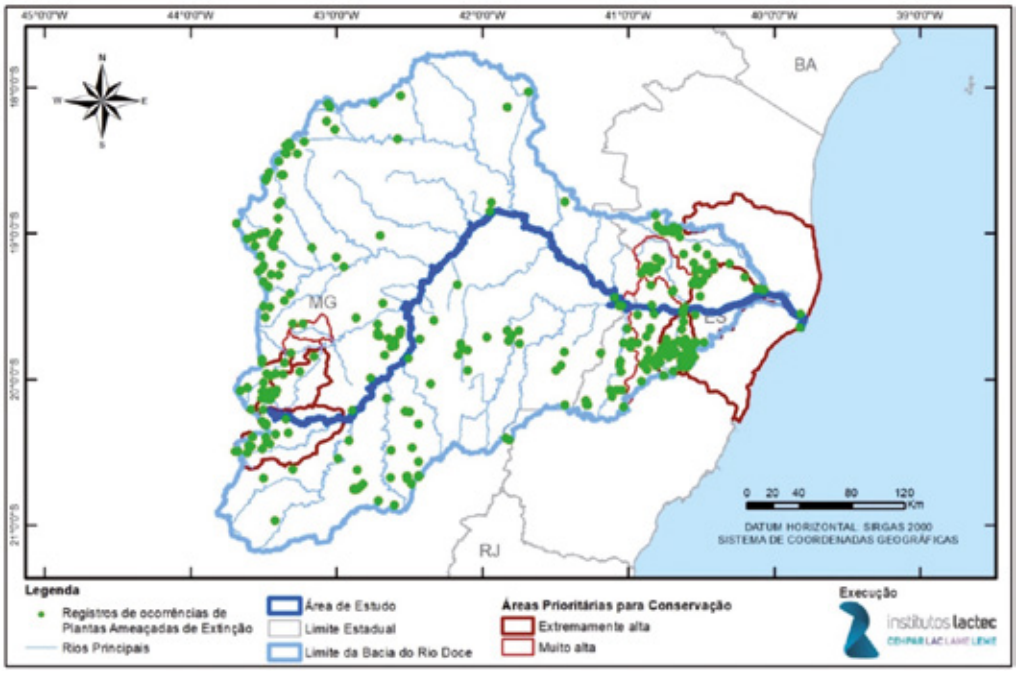


Fonte: Loyola et al. (2014).

Áreas prioritárias para a biodiversidade devem orientar e auxiliar nas propostas de criação de novas UCs pelo governo federal e pelos governos estaduais, bem como na elaboração de novos projetos para a conservação, uso sustentável e recuperação/restauração da biodiversidade brasileira. Em vários casos, essas áreas são estabelecidas em locais onde ocorrem espécies ameaçadas de extinção.

A bacia do rio Doce abriga um alto nível de representação média da distribuição geográfica das espécies de plantas ameaçadas de extinção que ocorrem no bioma da Mata Atlântica (Portaria mmA nº 443, de 17 de dezembro de 2014). Entre estas, citam-se exemplos de registros de ocorrências de espécies ameaçadas na área de passagem e deposição da lama, a saber: *Accara elegans* (Em Perigo), *Paratecoma peroba* (Em Perigo), *Ocotea odorífera* (Em Perigo), *Tontelea martiana* (Em Perigo), *Melanoxylon brauna* (Vulnerável), *Pseudolaelia dutrae* (Vulnerável), *Rourea cnestidifolia* (Em Perigo), *Rhodostemonodaphne capixabensis* (Em Perigo), *Tabebuia cassinoides* (Em Perigo) e *Couepia schottii* (Em Perigo).

Figura 112 – Registros de ocorrências de plantas ameaçadas de extinção na bacia do rio Doce, com destaque para as que ocorrem nas áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção.



Fonte: Loyola et al. (2014).

A área de estudo também está inserida em cinco áreas prioritárias para a conservação da flora ameaçada de extinção no estado de Minas Gerais, as quais reconhecem relevantes remanescentes de vegetação nativa e que, ao mesmo tempo, estão sob alto grau de ameaça (DRUMMOND et al., 2005). Cabe destacar que a delimitação dessas áreas foi uma iniciativa do Estado, que reconhece as normas, diretrizes e critérios para nortear a conservação da diversidade biológica, com base no documento: *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação* (Deliberação Normativa COPAM nº 55, de 13 de junho de 2002). Destaca-se ainda no art. 1º dessa norma que:

> Os estudos ambientais de empreendimentos, obras ou atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, a serem objeto de análise no Licenciamento Ambiental, deverão considerar como instrumento norteador das ações compensatórias o documento: 'Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para sua Conservação', em conformidade com o que estabelece a Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

Tabela 35 – Áreas prioritárias para conservação da flora no estado de Minas Gerais.

Nome	Prioridade	Ação Recomendada
Região de Mariana e Ouro Preto (MG)	Extrema	A área possui grandes remanescentes de Mata Atlântica que justifica a criação de Unidades de Conservação e conectividades entre os remanescentes.
Parque Estadual do Rio Doce (MG)	Especial	Um dos únicos grandes remanescentes de Mata Atlântica de interior, que apresenta uma riqueza de espécies endêmicas, raras ou ameaçadas; potencial para registrar espécies novas, apresenta uma diversidade de ambiente. Qualquer ação a ser tomada, é necessário consultar ao Plano de Manejo do Parque.

Nome	Prioridade	Ação Recomendada
APA Lagoa Silvana (MG)	Alta	Próxima ao Parque do Rio Doce, considerada um refúgio para a manutenção da biodiversidade local por conter um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual e lagoa com espelho d'água de mais de 400 ha; por conter espécies ameaçadas e algumas amazônicas; além de proporcionar uma diversidade de nichos. Há necessidade de controle e fiscalização.
RPPN Fazenda Macedônia (MG)	Muita alta	Área contendo três remanescentes florestas estacionais situadas na margem Rio Doce, que necessitam ser conectados.
Região de Santa Rita do Itueto / Resplendor (MG)	Potencial	Área de floresta estacional semidecidual com potencial para ser reflorestado com espécies nativas para conectar remanescentes florestais. Necessita-se realizar levantamento florístico.

A área de estudo também está sobreposta por nove áreas-chave para a conservação de plantas raras brasileiras (RAPINI et al., 2009; Tabela 36). De acordo com Rapini et al. (2009), as áreas-chave para a conservação de plantas raras brasileiras devem ser:

> percebidas pelos órgãos ambientais como os setores mais frágeis do território brasileiro e que por isso exigem uma atenção maior no que diz respeito ao licenciamento ambiental, dado que um planejamento inadequado poderá levar à perda de espécies únicas do patrimônio biológico brasileiro.

Tabela 36 – Áreas-chave para conservação de plantas raras brasileiras que ocorrem na área de estudo e a lista de espécies, com suas respectivas observações.

Nome da Área Chave para Conservação e lista de plantas raras	Observações
SE-204 Ouro Preto, MG	
*Agalinis schwackeana** *(Orobanchaceae)*	Espécie Criticamente em Perigo
Deianira damazioi (Gentianaceae)	Não avaliada quanto à ameaça – Campo rupestre em quartzito e canga.
*Macropeplus schwakeanus**	Vulnerável – registro para ocorrência em Campo Rupestre e Floresta Estacional Semidecidual
Paepalanthus langsdorffii	Deficiente de Dados – Afloramento Rochoso
Staurogyne vauthieriana	Em Perigo - Floresta Estacional Semidecidual, Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos
Stemodia lobata	Não avaliada quanto à ameaça – Campo rupestre
SE-131 Rio Santa Maria do Rio Doce, ES (11.084 ha)	
*Adenocalymma salmoneum***	Não avaliada quanto à ameaça – Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) – registro de ocorrência nas margens do Rio Doce
Pseudolaelia maquijensis (Nome correto: *Pseudolaelia citrina*)	Em Perigo – Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos
Swartzia linharensis	Vulnerável - Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)
SE-132 Rio Pancas, ES (5.391 ha)	
Begonia kuhlmannii	Em Perigo - Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial e montana
Kielmeyera rufotomentosa	Criticamente em Perigo - Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial e montana
Moldenhawera papillanthera	Vulnerável - Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial e montana

Nome da Área Chave para Conservação e lista de plantas raras	Observações
Pseudolaelia maquijensis (Nome correto: *Pseudolaelia citrina*)	Em Perigo – Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos
Stigmaphyllon crenatum	Em Perigo – Campo Rupestre, Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos
Turnera rubrobracteata	Não avaliada quanto à ameaça – Floresta Ciliar ou Galeria, Vegetação Sobre Afloramentos Rochosos
SE-134 Colatina, ES (30.631 ha)	
Kielmeyera sigillata	Criticamente em Perigo - Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)
SE-137 Marilândia, ES (20.028 ha)	
Handroanthus arianeae	Em Perigo - Floresta Estacional Perenifólia, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial
H. cristatus	Quase ameaçada - Restinga
Raddia lancifolia	Não Avaliada quanto à ameaça – Mata de Tabuleiro
Tabebuia reticulata	Afloramento rochoso
SE-138 Linhares, ES (13.678 ha)	
Moldenhawera papillanthera	Vulnerável - Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial e montana
SE-139 Rio Bananal, ES (38.850 ha)	
Conchocarpus bellus	Floresta Ombrófila – Conhecida por apenas uma única coleta (1995).
C. cauliflorus	Floresta Ombrófila – Conhecida por poucas coletas
SE-140 Foz do Rio Doce, ES (22.598 ha)	
Marsdenia fontellana	Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial)
SE-141 Rio São José, ES (46.442 ha)	
Adenocalyma salmoneum	Não avaliada quanto à ameaça – Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial) – registro de ocorrência nas margens do Rio Doce
Cariniana parvifolia	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial)
*Conchocarpus marginatus***	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial)
*Couratari asterotricha***	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial)
Dorstenia gracilis	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial), mata seca e restinga
Exollodendron gracile	
Hirtella parviunguis	
Marlierea sucrei	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial)
*Myrcia follii***	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial – Registro de coleta nas margens do Rio Doce
Myrcia gilsoniana	
*Oxalis doceana***	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial) aluvial – Registro de coleta nas margens do Rio Doce conhecida apenas por duas coletas (1971 e 1943)
Swartzia linharensis	Floresta Estacional Ombrófila (= Floresta Pluvial)

Nota: * Registro de coleta próximo à área da Samarco; ** registro de coleta para as margens do rio Doce ou seus afluentes. Grau de ameaça das espécies de acordo com mmA (2008).

Fonte: Rapini et al. (2009).

3.5.3.4 Corredor Central da Mata Atlântica

Dentro de um raio de 10 km das margens do rio Doce foi encontrado o Corredor Central da Mata Atlântica. Os corredores ecológicos foram criados com o seguinte propósito:

> Devido ao elevado grau de fragmentação das paisagens naturais, a estratégia de atuação foi assegurar a proteção dos remanescentes florestais significativos e incrementar, gradativamente, a ligação entre porções nucleares da paisagem por meio do controle, proteção e recuperação da cobertura florestal (BRASIL, 2015).

Segundo Galindo-Leal e Câmara (2005), o Corredor Central da Mata Atlântica tem uma área aproximada de 8.600.000 hectares, e é biologicamente diversificado e abriga muitas espécies de distribuição restrita, incluindo alguns grupos ameaçados.

A importância biológica desse corredor se deve à riqueza elevada de espécies de plantas, com um total de 454 espécies de árvores por hectare, e na região central do Espírito Santo, 443 espécies de árvore por hectare. Da mesma forma, a grande riqueza de mamíferos não voadores de 62 espécies ultrapassa a de outras áreas da Mata Atlântica.

De acordo com Galindo-Leal e Câmara (2005), o Corredor Central contém mais de 50% das espécies de aves endêmicas conhecidas da Mata Atlântica. Altos níveis de diversidade de endemismo de anfíbios e répteis também ocorrem nessa região. Pelo menos 12 novas espécies de sapos e rãs foram recentemente descritas.

Os blocos mais importantes de floresta do corredor estão no extremo sul da Bahia, incluindo os parques nacionais (Descobrimento do Brasil, Pau-Brasil), e protegem uma área de 50.000 hectares de florestas. As pequenas bacias hidrográficas protegidas por esses parques são importantes também pela biodiversidade dos recifes de corais e outros ecossistemas marinhos, no Parque Nacional Marinho de Abrolhos, o mais rico dos recifes de corais marinhos do Atlântico Sul.

Os estados da Bahia e Espírito Santo possuem juntos 41 UCs, sendo que estas representam menos de 2% da proteção oficial do território do Corredor Central. O alto nível de devastação da Mata Atlântica nesses estados faz a criação de novas áreas protegidas e o fortalecimento das existentes uma prioridade máxima para a região. Novas áreas adequadas para a proteção já foram identificadas, mas não há recursos humanos nem financeiros suficientes nem para administrar as já existentes. Há falta de recursos financeiros para implementar um plano de manejo, insuficiência de pessoal técnico, além da coleta ilegal de produtos florestais e das queimadas intencionais (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005).

Na porção do Corredor no Espírito Santo, encontra-se uma das principais seções de floresta ombrófila densa na tipologia da Mata de Tabuleiros, criada pela ligação natural da Reserva Biológica de Sooretama à Reserva Florestal de Linhares, totalizando cerca de 44.000 hectares. A Mata de Tabuleiros é incomparável a outras formações neotropicais, por sua elevada diversidade de espécies e densidade de lianas que apresenta (ARRUDA; SÁ, 2003).

O Corredor Ecológico que abrange essas áreas das reservas citadas anteriormente é o Corredor SOCOMGO (Sooretama – Comboios – Goytacazes), o qual é o maior do Espírito Santo. Esse corredor visa à conexão do remanescente (Reserva Biológica de Sooretama a Reserva Florestal de Linhares) à FloNa de Goytacazes e esta, à Reserva Biológica de Comboios, já na foz do rio Doce, onde existe um único sítio conhecido de reprodução da tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*).

O Corredor Sossego Caratinga foi criado em 2014, com uma área de 66.424,56 hectares, está localizado na bacia do rio Doce e abrange os municípios de Caratinga e Simonésia, que formam um eixo de ligação entre as Reservas Particulares do Patrimônio Natural Mata do Sossego – em Simonésia, e Feliciano Miguel Abdala – em Caratinga (BIODIVERSITAS, 2017a). O entorno desses fragmentos é composto, principalmente, por plantações de eucaliptos e café, na região da Simonésia, e por áreas de pastagem, em Caratinga.

Essas reservas são locais de proteção do maior primata da América, e o maior mamífero endêmico do Brasil, o *Brachyteles hypoxanthus*, conhecido também como muriqui-do-norte, o qual se encontra na lista de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção. A conexão dessas RPPNs, além da conservação do muriqui-do-norte, irá preservar outras espécies de plantas e animais, acarretando também benefícios para as atividades econômicas praticadas na região e melhoria na qualidade de vida da população local.

3.5.3.5 Reservas da biosfera

Criadas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) em 1972, as Reservas da Biosfera (RBs) são um instrumento de conservação que favorece a descoberta de soluções para problemas como o desmatamento das florestas tropicais, a desertificação, a poluição atmosférica, o efeito estufa, entre outros (BRASIL, 2017).

A RB é um centro de monitoramento, pesquisas, educação ambiental e gerenciamento de ecossistemas, bem como um centro de informação e desenvolvimento profissional dos técnicos em seu manejo. Seu gerenciamento é o trabalho conjunto de instituições governamentais, não governamentais e centros de pesquisa.

O Programa Homem e Biosfera (MaB – *Man and the Biosphere*) foi criado como resultado da conferência sobre a biosfera realizada pela UNESCO, em Paris, em setembro de 1968. O objetivo central do Programa MaB é promover o conhecimento, a prática e os valores humanos para implementar as boas relações entre as populações e o meio ambiente em todo o planeta (RBMA, 2017a).

O SNUC reconhece a RB como “um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais” (BRASIL, 2017). Para cumprir suas funções, as RBs estabelecem o zoneamento de seu território, incluindo: Zona Núcleo, Zona de Transição e Zona de Amortecimento.

O objetivo principal da Zona Núcleo é a proteção da biodiversidade. Já da Zona de Transição, que não possui limite fixo, é prioritário para o monitoramento e educação ambiental. E, por fim, a Zona de Amortecimento, no entorno da Zona Núcleo, visa minimizar os impactos na Zona Núcleo e garantir a qualidade de vida das populações da área (RBMA, 2017a).

3.5.3.5.1 *Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço*

A proposta de criação da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE) foi aprovada no dia 26 de junho de 2005 pela UNESCO. Em sua primeira fase de criação, completamente inserida em Minas Gerais, a RBSE possui uma área de 3.070.000 hectares, habitada por 642.000 pessoas. Sua área de abrangência começa pelas serras de Ouro Preto e Ouro Branco, alcançando também as serras do

Caraça, Catas Altas e Barão de Cocais, na região de Santa Bárbara. Próximo a Belo Horizonte estão as serras da Piedade, Moeda, Curral, Cipó. A Serra do Cabral encontra-se na região do Alto São Francisco, assim como Diamantina, Serro e Itambé, sendo esta última na região do Alto Jequitinhonha. No total, são abrangidos 53 municípios (BIODIVERSITAS, 2017b).

Dentro do raio de 5 km da calha do rio Doce, estão 40.000 hectares de área da RBSE, e as zonas que estão dentro desse raio são Zonas de Amortecimento e Transição. A RBSE conecta algumas UCs, como, por exemplo: Parque Nacional da Serra do Gandarela, Parque Estadual Cachoeira das Andorinhas, Parque Estadual do Itacolomi, Estação Ecológica Estadual do Tripuí, RPPN Santuário do Caraça, Floresta Estadual Uaimii, APA Estadual Cachoeira das Andorinhas, APA Carvão de Pedra, APA Piranga e APA Sul RMBH.

A Serra do Espinhaço também é uma área prioritária para a proteção de mananciais hídricos, sendo responsável pela atual rede de drenagem das bacias hidrográficas do rio São Francisco, do rio Doce, Jequitinhonha, Mucuri, entre outros (BIODIVERSITAS, 2017b).

A diversidade da RBSE compreende 538 espécies de plantas ameaçadas em Minas Gerais, 81 espécies estão na Mata Atlântica, 19 espécies na Caatinga, 73 espécies no Cerrado e 351 espécies nos campos rupestres. Além de uma quantidade de espécies de fauna ameaçada, mais da metade das espécies de plantas ameaçadas de extinção em Minas Gerais estão nessa reserva.

Em relação ao endemismo na cadeia do Espinhaço, na Serra do Cipó, encontra-se o maior número de espécies endêmicas da flora brasileira. Na fauna é grande a quantidade de espécies endêmicas, especialmente aquelas associadas a plantas, como borboletas, abelhas e beija-flores, e no ambiente aquático, como anfíbios e insetos aquáticos.

3.5.3.5.2 *Reserva da Biosfera da Mata Atlântica*

A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) é a maior RB em área florestada do planeta, com cerca de 78.000.000 hectares, sendo 62.000.000 em áreas terrestres e 16.000.000 em áreas marinhas, nos 17 estados brasileiros onde ocorre a Mata Atlântica, o que permite sua atuação na escala de todo o bioma. Foi criada em seis fases sucessivas, que duraram de 1991 a 2008, pela UNESCO (RBMA, 2017b).

Apesar de possuir grandes proporções, a área da RBMA dentro dos 5 km no entorno da calha do rio Doce é de 207.200 hectares, e as zonas que estão dentro desse raio são Zonas de Núcleo, Amortecimento e Transição. Também estão na RBMA alguns corredores ecológicos, mosaicos de UCs e cinturões verdes no entorno de áreas urbanas, tornando o desenho da reserva muito complexo.

A RBMA estende-se por mais de 5.000 dos 8.000 km do litoral nacional, desde o Ceará ao Rio Grande do Sul, avançando mar afora englobando diversas ilhas oceânicas, como Fernando de Noronha, Abrolhos e Trindade, e adentrando no interior de vários estados costeiros, bem como em Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

A RBMA inclui todos os tipos de formação florestal e outros ecossistemas terrestres e marinhos que compõem o domínio Mata Atlântica, bem como os principais remanescentes florestais e a maioria das UCs da Mata Atlântica, onde está protegida grande parte da biodiversidade brasileira.

Na Figura 113 estão representadas as RBs encontradas na área de estudo, bem como a delimitação do Corredor Central da Mata Atlântica.

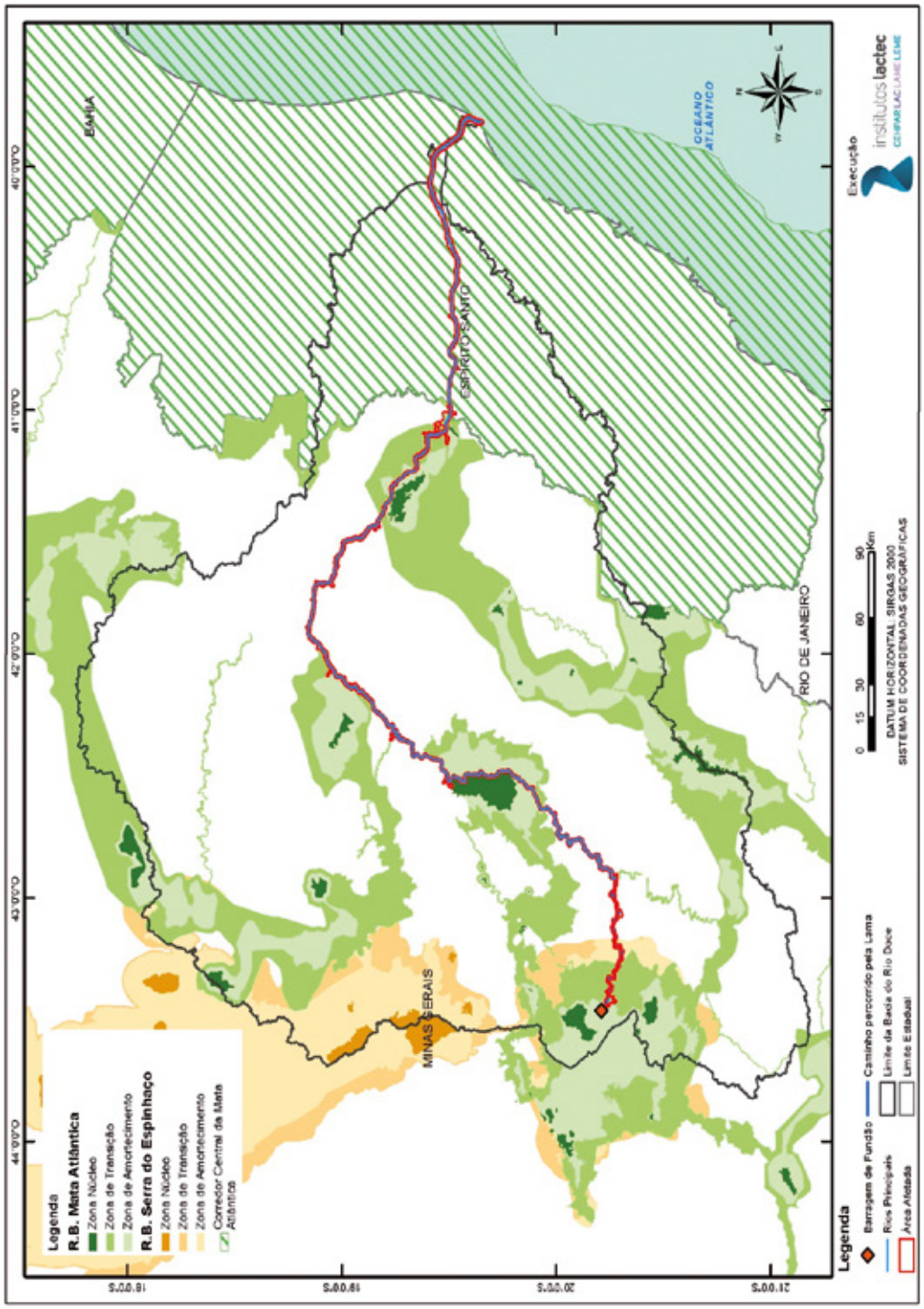


Figura 113 – Reservas da biosfera e Corredor Central da Mata Atlântica levantadas na área de ocorrência do estudo.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE

Para a caracterização dos solos afetados pelo desastre antes do rompimento da barragem de Fundão, foram selecionados os solos de várzea no compartimento fora do QF e dentro da bacia de Candonga como linha-base prévia para comparação com os dados futuros do monitoramento pós-desastre. Essa linha-base de solos será revista e complementada futuramente, de acordo com os resultados obtidos *in situ* pelos Institutos Lactec para solos não afetados pelo rejeito. Os solos de fora do QF e dentro de Candonga são os que de fato foram afetados pela deposição do rejeito oriundo da barragem de Fundão. No Apêndice F constam as tabelas com os parâmetros selecionados de fertilidade do solo, EPTs, mineralogia e física do solo correspondentes a esse cenário. Como a magnitude dos valores e suas relações ambientais já foram amplamente discutidas anteriormente, nesta seção serão apenas apresentados os dados previamente selecionados para linha-base.

Anteriormente ao desastre, os solos da área de passagem e deposição da lama apresentavam valores medianos de pH H_2O acima de 5,9 mesmo em profundidades superiores a 20 cm e ausência de Al trocável. Em relação à disponibilidade dos nutrientes K, Ca e Mg na profundidade de 0-20 cm, os teores medianos foram 0,05; 2,48 e 0,61 $cmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente. Não foram obtidos registros para os teores de Na, bem como de micronutrientes no solo (Fe, Cu, Mn e Zn), e o teor mediano de P disponível foi de 4,7 mg dm^{-3}. Foram obtidos valores medianos de capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T) de 4,63 $cmol_c\ dm^{-3}$, de carbono orgânico de 0,77 % e de saturação por bases de 66,6 % (Apêndice F).

Os teores medianos de EPTs encontrados nos solos de várzea para As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn, para a camada 0-20 cm, foram: 31,9; 505,45; 2,45; 17,75; 95,9; 23,1; 62,2; 20,9; 55,1; e 51,1 mg kg^{-1}, respectivamente (Apêndice F). Não foram encontrados, para esse contexto, os teores de Ag, Hg, Sr, Sb e Se. Os EPTs As, Cd, Cr e Ni estão acima dos valores de prevenção preconizados pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Em relação ao Ba, este se apresenta até mesmo acima do valor de investigação residencial segundo a mesma resolução.

A composição mineralógica mediana dos solos de várzea apresenta teores de Al_2O_3, SiO_2 e Fe_2O_3 de aproximadamente 20,67 e 11%, respectivamente, para a camada 0-20 cm (Apêndice F).

Os solos de várzea fora do QF e dentro de Candonga apresentam teores medianos de areia total de 76,5%, silte de 12,5% e argila de 11% na camada 0-20 cm, sendo a maior parte dessa areia representada pela fração areia fina (66,5%). A densidade de partículas mediana obtida para a camada superficial do solo foi de 2,73 kg dm^{-3} (Apêndice F).

Os resultados que compõem a linha-base do solo foram obtidos após extensa análise de dados prévios da literatura (até 668 amostras), inseridas na bacia do rio Doce, e após análise de agrupamentos para identificar os melhores critérios de seleção dos dados. No entanto, a composição final da linha-base se restringiu a apenas 2 e 7 amostras para as camadas 0-20 e 20+ cm, respectivamente. Nesse sentido, o restrito número de amostras para a composição final da linha-base e até mesmo a ausência de valores para alguns parâmetros (Na; teores disponíveis de Fe, Mn, Cu e Zn; Ag; Hg; Sr; Sb e Se), além da determinação dos teores de EPTs biodisponíveis e outros parâmetros físicos do solo, como densidade aparente, porosidade e condutividade hidráulica saturada que não foram encontrados, justifica a necessidade de complementação da linha-base a partir da coleta de dados próximos

à área afetada pela deposição da lama. Dessa forma, a composição final da linha-base para s área de solos será finalizada juntamente com o diagnóstico ambiental.

A partir das investigações geológico-geotécnicas obtidas na literatura, foi possível identificar a presença de três tipos distintos de material: solos coluvionares/aluvionares, solos de alteração (incluindo nesse grupo os solos residuais e saprolitos) e o maciço rochoso. A seguir, são apresentadas e discutidas as características de cada uma dessas camadas, a fim de serem estabelecidos parâmetros representativos para a área de interesse ao diagnóstico de dano.

O maciço rochoso identificado até a profundidade limite das investigações de campo foi caracterizado basicamente por filitos intercalados ocasionalmente por camadas de quartzitos ou veios de quartzo de baixa resistência (na ordem de 5 a 25 MPa), medianamente a muito fraturada (2 a 17 fraturas por metro), medianamente a muito alterada e os valores de condutividade hidráulica médios próximos a 10^{-6} cm/s. Sobrepondo o topo rochoso foi identificada uma camada de solo residual [para algumas sondagens essa camada está dividida entre saprolito (definido como solo jovem) e solo residual] com espessura média de 10 metros e resistência a penetração (N_{SPT}) variando entre 5 a 40, ocorrendo de maneira geral aumento gradativo da resistência à medida que se tem o aumento da profundidade. Para essa camada de solo – condutividade hidráulica obtida em ensaios de permeabilidade *in situ* e em ensaios de permeabilidade à carga variável no ensaio de adensamento –, o valor médio para a condutividade hidráulica foi de 10^{-5} cm/s. Nos ensaios de adensamento unidimensional foram analisados os coeficientes de compressibilidade (Cc) na ordem de 0,3; tensão de pré-adensamento (σ_a) com valores variados e média em torno de 120 kPa; e coeficiente de adensamento (c_v) com valores próximo a 10^{-2} cm²/s. Por fim, nos resultados de resistência mecânica, essencialmente realizados para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos, foram obtidos valores para ângulo de atrito interno e intercepto coesivo na ordem de 31° e 20 kPa, respectivamente. A camada superficial de solo, com espessura na ordem de 2 a 5 metros, é composta essencialmente por solo coluvinar (transportado) argilo-arenoso a silte argiloso de resistência à penetração (N_{SPT}) baixa, na ordem de 3 a 12, valores característicos de solos com consistência mole a média, segundo a norma ABNT NBR 6484:2001.

Por fim, é possível concluir que as características e os parâmetros obtidos nas investigações de campo e nos ensaios de campo e laboratório foram coerentes e comparáveis entre si, bem como caracterizam os materiais que compõem as primeiras camadas de material da superfície terrestre. Complementarmente, os ensaios que serão realizados viabilizarão projetos de engenharia, incluindo o diagnóstico do dano decorrente do desastre.

Quanto à flora da região, existe uma série de estudos florísticos e fitossociológicos que auxiliam na compreensão da distribuição das fitofisionomias e da composição vegetal presente ao longo da bacia do rio Doce. Entretanto, em sua maioria, esses estudos foram desenvolvidos dentro de UCs ou áreas protegidas, como o PERD e a reserva da Vale, que embora estejam dentro da bacia, não podem ser alvo de comparações conclusivas. A faixa de mata ciliar presente ao longo do rio, e que foi efetivamente danificada, carece de informações mais específicas a respeito de sua biodiversidade e recursos.

Observada essa lacuna, será desenvolvido um inventário florestal, bem como um levantamento dos outros grupos de flora (herbáceas, lianas, epífitas, macrófitas, reófitas, banco de sementes) em fragmentos saudáveis da vegetação ripária do rio Doce, a fim de estabelecer informações robustas

sobre a flora local e estimar os danos causados. Esses dados serão cruzados com o mapeamento dos fragmentos atingidos para obtenção das perdas reais e potenciais.

A fauna terrestre da bacia do rio Doce é caracterizada por abranger duas grandes províncias biogeográficas, referentes à Mata Paranaense na porção mineira, e à Floresta Atlântica no trecho capixaba. Há, ainda, alguma setorização nessas duas regiões, embora seja específico para alguns grupos de vertebrados, a exemplo da distribuição geográfica de alguns primatas e aves. Tais limites são importantes em uma avaliação regional e devem compor as expectativas de ocorrência e potencialidade de danos.

A fauna de insetos da região de estudo é muito diversa e, em decorrência da ampla extensão geográfica e ecológica abrangida, a composição de espécies ao longo do gradiente fluvial altera-se consideravelmente. O pequeno conjunto de informações disponíveis na literatura, comparativamente à extensão territorial do estudo, não permite inferências detalhadas acerca de quais táxons estariam mais sujeitos aos danos do desastre. Ademais, a composição específica (i.e. quais espécies ocorrem em quais setores da bacia) é uma informação de difícil obtenção para esse conjunto faunístico. Não obstante, a partir dos estudos mais detalhados até então conduzidos, tem-se que alguns grupos de formigas, abelhas e besouros estariam mais propensos a sofrerem danos por sua associação ao uso de cavidades no solo, ou à serapilheira. O detalhamento de tais informações, obrigatoriamente, deverá ser resgatado ao longo do diagnóstico, à medida que dados de campo sejam coletados e analisados.

A herpetofauna constitui um dos grupos com menor vagilidade entre os vertebrados e, por isso, presume-se que os danos aos espécimes residentes sejam elevados. Espécies com hábitos terrestres e fossoriais, intimamente associados a ambientes ribeirinhos, assim como táxons aquáticos, são aqueles que possivelmente estiveram mais sujeitos aos danos. É difícil elencar números precisos de táxons mais suscetíveis por diversos entraves inerentes ao grupo – taxonômicos, de distribuição geográfica, entre outros. Em toda a região do rio Doce, foram encontrados registros de 126 espécies de répteis e 156 espécies de anfíbios, totalizando uma herpetofauna regional de 282 táxons. Mesmo assim, devido ao próprio desconhecimento da composição e distribuição das espécies ao longo do rio Doce, é razoável admitir que os danos atingem potencialmente uma parcela significativa das espécies ribeirinhas, o que inclui endemismos e espécies raras, ou mesmo táxons ainda não descritos pela ciência. Um dos principais limitantes da literatura refere-se à distribuição das fontes de informação, uma vez que se concentram em algumas UCs, deixando grandes lacunas geográficas nas quais se desconhece a ocupação por parte de répteis e anfíbios.

Quanto às aves, a mesma lógica ecológica reflete-se na consideração de espécies aquáticas, paludícolas e ribeirinhas, como táxons em maior risco de danos. Sob essa perspectiva, cerca de 13% da riqueza macrorregional – mais especificamente 75 das 559 espécies terrestres ora listadas – é elencada como mais propensa a sofrer danos relacionados aos efeitos do rejeito. Por vias indiretas, no entanto, assumindo a possibilidade de bioacumulação ao longo das redes tróficas, outros grupos da avifauna podem sentir os efeitos dos contaminantes, especialmente espécies florestais.

Os mamíferos não voadores de pequeno porte constituem um dos grupos mais especiosos da mastofauna. Ademais, são táxons de baixa mobilidade em geral e, por esse, motivo estariam coletivamente mais suscetíveis aos danos da passagem da lama. No entanto, muitas espécies de marsupiais e roedores apresentam considerável especificidade ambiental e hábitos arborícolas. Uma parcela menor

de táxons (n = 10, ou cerca de 20% desse conjunto faunístico) associa-se mais proximamente às margens de cursos de água, com hábitos semiaquáticos; ou, ainda, são animais que buscam alimento no solo com hábitos semifossoriais. Especula-se, assim, que estas sejam as espécies que tenham sofrido maiores danos populacionais – a curto e longo prazos – devido ao desastre. Quanto aos morcegos, *Noctilio leporinus* é a espécie em maior risco presumido de danos diretos pelo desastre, considerando seus hábitos alimentares. Captura seu alimento diretamente em corpos d'água, sendo assim mais evidente sua relação trófica com os locais afetados pela lama. Outros grupos de morcegos também podem ser acometidos por contaminação por vias indiretas, em virtude de se alimentarem de invertebrados em locais mais próximos a corpos d'água, ou por frutos de plantas em locais de passagem da lama. Do conjunto de mamíferos de médio e grande portes, duas são particularmente relevantes quanto ao potencial de danos que possam ter sofrido: *Lontra longicauda* e *Hydrochoerus hydrochaereus*. Ambas são semiaquáticas e dependem de corpos d'água para completarem seus ciclos vitais em diversos momentos de sua vida. Assim, os danos a esses táxons podem advir tanto da supressão e diminuição da qualidade dos *habitats* que dependem quanto da contaminação de recursos que utilizam em sua alimentação. Ainda como possíveis táxons sujeitos a danos por contaminação, destacam-se *Procyon cancrivorus* e *Cerdocyon thous* por serem espécies que regularmente buscam alimentos associados a áreas úmidas. Outras três espécies, *Panthera onca*, *Tapirus terretris* e *Cuniculus paca*, também podem ser elencadas como suscetíveis devido a habitarem preferencialmente ambientes florestais em áreas com abundância de recursos hídricos, presumindo-se, assim, que suas populações possam estar mais associadas aos ambientes danificados em comparação a outros mamíferos.

Os estudos levantados durante este esforço revelam que, na maior parte do trajeto do rio Doce, de maior interesse ao presente estudo, inexistem pesquisas *in situ*. Os poucos resultados concentram-se em UCs e a maior parte da paisagem – dominada por um cenário amplamente afetado por diferentes atividades antrópicas – é carente de dados quali-quantitativos recentes. Na análise faunística, considerando os filtros geográficos e ecológicos aqui definidos, essa carência fica evidente. Interpretações ou procedimentos analíticos que se façam necessários com esses dados se tornam pouco robustos em função do pequeno volume e qualidade dessas informações. Assim, a continuidade do diagnóstico será composta de comparações com uma linha-base espacial, tendo-se identificado a inexequibilidade de assumir uma linha-base temporal adequada aos propósitos das análises previstas.

As UCs presentes ao longo das margens do rio Doce são em sua grande maioria de uso sustentável, tendo como características principais semelhantes entre si o seu extenso tamanho e o objetivo de buscar a compatibilização do uso da terra e desenvolvimento econômico com a proteção e uso racional dos recursos naturais ali presentes. Por diferentes motivos, é notório que UCs desse tipo, quando isoladas de outras áreas protegidas, possuam eficácia contestável no que tange à execução dos seus objetivos de criação, em especial quanto à preservação da sua biodiversidade.

Aliadas com as UCs das categorias de manejo do tipo proteção integral, elas exercem um papel de fundamental importância conhecido como efeito tampão, diminuindo as pressões antrópicas sobre as UCs de proteção integral, tidas como áreas de maior proteção e assim auxiliam na manutenção da vida silvestre, em especial das espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção. Como exemplo disso, tem-se a região do PERD, que composta por um mosaico de diferentes tipos de UCs com variadas

formas de uso e juntas fornecem condições ecológicas para manter espécies de mamíferos de grande porte, como: onça-pintada (*Panthera onca*), anta (*Tapirus terrestres*) e muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*). Além disso, essa região possui destaque para a manutenção de espécies raras de outros grupos taxonômicos da fauna (entomofauna, herpetofauna e avifauna), além de preservar inúmeras espécies vegetais, tornando-se, assim, uma área prioritária para a conservação de diferentes espécies tanto de vegetais quanto animais.

4 ATMOSFERA

O ar é essencial à nossa sobrevivência, sendo composto basicamente por uma combinação de gases (79% de nitrogênio, 21% de oxigênio e outros gases como dióxido de carbono e argônio, em menores proporções), vapor de água e partículas em suspensão (JARDIM, 2001).

Com o crescimento econômico, o desenvolvimento das cidades, o aumento no número de automóveis e a expansão demográfica, houve um acréscimo na emissão de gases e partículas por fontes antrópicas, acarretando, consequentemente, a alteração da qualidade do ar. Alguns desses gases e partículas ocasionam efeitos no meio ambiente e na saúde humana, sendo, assim, considerados poluentes atmosféricos. A alteração da qualidade do ar impacta diretamente a saúde humana, principalmente nos grandes centros urbanos, estando associada ao agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, especialmente em crianças, idosos e pessoas sensíveis (SANTANA et al., 2012; INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

4.1 QUALIDADE DO AR

4.1.1 CONCEITOS

A Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990 (BRASIL, 1990), define poluente atmosférico como:

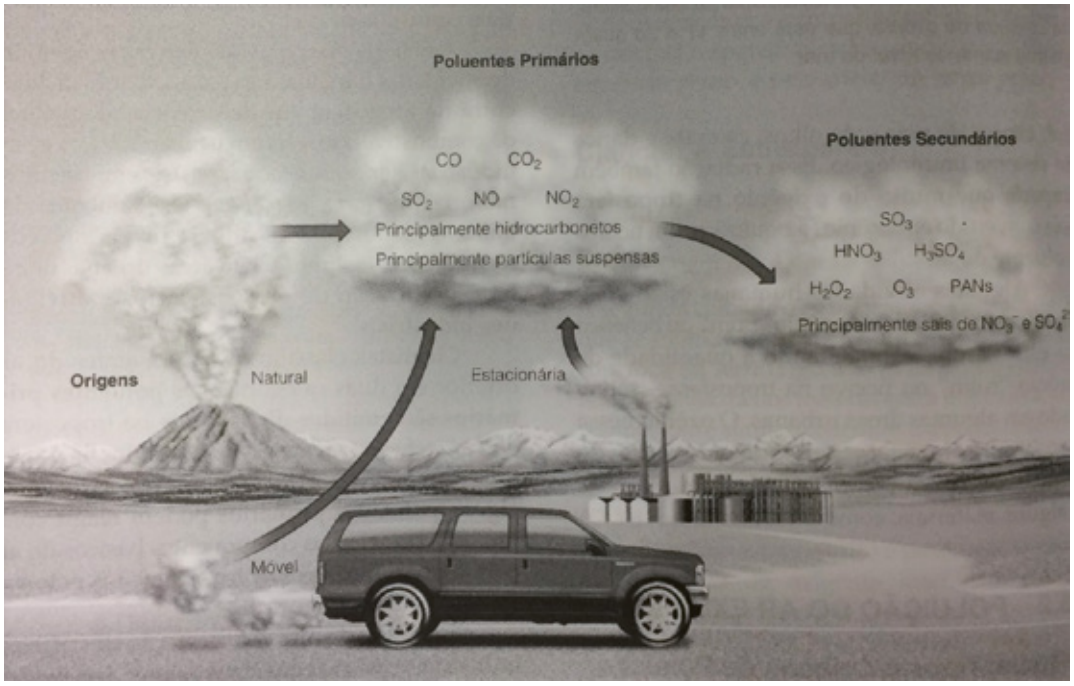
> qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Em relação à sua origem, os poluentes são comumente classificados em primários e secundários. Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão. Como exemplo, podemos citar as fuligens e o monóxido de carbono. Já na atmosfera, alguns poluentes primários podem reagir com um outro poluente ou com os constituintes naturais da atmosfera para formar novos poluentes, denominados poluentes secundários (Figura 114) (MILLER, 2011; CETESB, 2018).

As fontes de emissão de poluentes atmosféricos também podem ser classificadas de acordo com a fonte. Existem várias classificações, como fontes naturais, fontes fixas ou estacionárias ou pontuais, fontes área e fontes móveis. As principais, mais comumente utilizadas, são fontes móveis e fontes fixas. As fontes móveis são os veículos rodoviários (carros, ônibus, motos, caminhões, vans), trens ferroviários, aviões, navios, etc. Em geral, as fontes móveis são consideradas em conjunto, uma vez que o efeito é avaliado pela somatória de todos os veículos que viajam por uma estrada em um período de tempo definido, por exemplo. As fontes fixas são geralmente as indústrias, podendo esta ter um ou mais pontos de emissão. As fontes naturais podem ser exemplificadas pelos processos de erupções vulcânicas, emissões da vegetação, oceanos, queimadas naturais, etc. (WHO, 2005).

Além disso, as fontes de emissão podem ser classificadas em fontes em fugitivas e fontes não fugitivas. As fontes não fugitivas são aquelas canalizadas em chaminés e tubulações, possibilitando maior controle e as fontes fugitivas são aquelas que escapam do sistema de canalização por portas, sistemas de ventilação, frestas, pequenas aberturas nos sistemas de controle de emissão, etc. (WHO, 2005).

Figura 114 – Origens e tipos de poluente do ar.



Fonte: Miller (2011).

As cidades tendem a apresentar níveis de poluição do ar mais elevados do que as áreas rurais, em decorrência da alta concentração de carros e indústrias. No entanto, ventos predominantes podem direcionar os poluentes lançados nas áreas urbanas e industriais para áreas mais afastadas, como áreas rurais e outras cidades (MILLER, 2011). Além disso, as condições meteorológicas podem alterar a qualidade do ar, mesmo quando mantidas as mesmas emissões, em função de uma maior ou menor diluição dos poluentes (CETESB, 2018).

Em função da maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam à saúde humana e ao meio ambiente, os poluentes do ar utilizados como indicadores universal da qualidade do ar são monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), material particulado, ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2) (CETESB, 2018).

Na Tabela 37 estão resumidos os principais poluentes padronizados como indicadores da qualidade do ar, suas características, principais origens e efeitos ao meio ambiente.

Tabela 37 – Principais poluentes indicadores da qualidade do ar, suas características, fontes principais e efeitos gerais ao meio ambiente.

Poluente	Características	Fontes principais	Efeitos gerais ao meio ambiente
Partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$)	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho ≤ 2,5 micra.	Processos de combustão (indústria, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera) como sulfato e nitrato, entre outros.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas inaláveis (MP_{10}) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho ≤ 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Partículas totais em suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho ≤ 50 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Dióxido de enxofre (SO_2)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforo. Pode ser oxidado a SO_3, que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H_2SO_4. É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinarias de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa de celulose e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores	NA
Ozônio (O_3)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas, plantas ornamentais.

Nota: NA: não se aplica.

Fonte: CETESB (2018).

4.1.1.1 Legislação nacional

A partir do momento em que se determina a concentração de um poluente na atmosfera, é possível estabelecer o grau de exposição dos receptores (seres humanos, animais, plantas e materiais) como resultado final do processo de lançamento desse poluente na atmosfera, a partir da sua fonte de emissão e de suas interações na atmosfera (diluição ou reações químicas) (CETESB, 2018).

Os padrões nacionais de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990 e são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 – Padrões nacionais de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu g.m^{-3}$)	Padrão secundário ($\mu g.m^{-3}$)	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas[1]	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA[2]	80	60	
Partículas inaláveis	24 horas[1]	150	150	Separação inercial/ filtração
	MAA[2]	50	50	
Fumaça	24 horas[1]	150	100	Refletância
	MAA[3]	60	40	
Dióxido de enxofre	24 horas[1]	365	100	Pararosanilina
	MAA[3]	80	40	
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	Quimiluminescência
	MAA[3]	100	100	
Monóxido de carbono	1 hora[1]	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 hora[1]	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
Ozônio	1 hora[1]	160	160	Quimiluminescência

Nota: 1 – Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2 – Média geométrica anual. 3 – Média aritmética anual.
Fonte: Brasil (1990).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 03/1990, os padrões de qualidade do ar são divididos em padrões primários e secundários. Os padrões primários são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como os níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazos (BRASIL, 1990). Os padrões secundários são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo (BRASIL, 1990).

Ainda de acordo com a resolução nacional, o objetivo do estabelecimento dos padrões secundários é criar uma base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. A aplicação diferenciada dos padrões primários e secundários é em função da classificação do território nacional em classes I, II e III, conforme o uso pretendido (BRASIL, 1990). A resolução determina que, enquanto as áreas não forem classificadas em função do uso pretendido, os padrões aplicáveis são os padrões primários de qualidade do ar.

Para episódios críticos de poluição do ar, a Resolução CONAMA nº 03/1990 estabelece os critérios, conforme Tabela 39. Em complemento, para declarar estado de atenção, alerta ou emergência, é necessária a previsão das condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes (BRASIL, 1990).

Tabela 39 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão ($\mu g.m^{-3}$) – 24 h	375	625	875
Partículas inaláveis ($\mu g.m^{-3}$) – 24 h	250	420	500
Fumaça ($\mu g.m^{-3}$) – 24 h	250	420	500
Dióxido de enxofre ($\mu g.m^{-3}$) – 24 h	800	1.600	2.100
Dióxido de enxofre x Partículas totais em suspensão ($\mu g.m^{-3}$) / ($\mu g.m^{-3}$) – 24 h	65.000	261.000	393.000
Dióxido de nitrogênio ($\mu g.m^{-3}$) – 1 h	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (ppm) – 8 h	15	30	40
Ozônio ($\mu g.m^{-3}$) – 1 h	400	800	1.000

Fonte: Brasil (1990).

Na esfera federal, não há padrão de qualidade do ar estabelecido para as partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$). Entretanto, alguns estados, como São Paulo e Espírito Santo, estabeleceram padrões específicos para esse poluente, adotando metas intermediárias para alcançar o padrão estabelecido pela OMS.

No estado do Espírito Santo, o decreto que estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas é o Decreto nº 3463-R, de 16 de dezembro de 2013. No estado de São Paulo, o decreto que estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas é o Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Em ambos os decretos, a avaliação da qualidade do ar será efetuada considerando metas intermediárias até atingir o padrão final (PF), o qual tem por objetivo preservar a saúde da população em relação aos danos causados pela poluição atmosférica:

- Meta intermediária Etapa 1 (MI1): valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir da publicação deste decreto;
- Meta intermediária Etapa 2 (MI2): valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações na Etapa 1;
- Meta intermediária Etapa 3 (MI3): valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI2, que entrará em vigor após avaliações na Etapa 2.

Os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelos decretos acima mencionados incluem padrão para o material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros – $PM_{2,5}$, conforme relacionado na Tabela 40, o qual não é contemplado na Resolução CONAMA nº 03/1990.

Tabela 40 – Padrões de qualidade do ar estabelecidos nos estados de São Paulo e Espírito Santo para o material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros – $PM_{2,5}$.

Estado	Tempo	MI1 (µg.m^{-3})	MI2 (µg.m^{-3})	MI3 (µg.m^{-3})	Meta final (µg.m^{-3})
São Paulo (Decreto nº 59.113)	24 horas	60	50	37	25
	1 ano	20	17	15	10
Espírito Santo (Decreto nº 3463)	24 horas	NA[1]	50	37	25
	1 ano	NA[1]	20	15	10

Nota: NA: não se aplica. [1]: sem meta inicial.

4.1.1.2 Legislação internacional

Nas tabelas a seguir são apresentados, como exemplo de níveis de referência internacionais, os padrões de qualidade do ar adotados pela Agência Ambiental Americana (ESTADOS UNIDOS, 2017), os valores-guia recomendados pela OMS (WHO, 2005) para os principais poluentes e os critérios adotados pela Comunidade Europeia (EUROPA, 2008).

Nos Estados Unidos, assim como o CONAMA, a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) definiu os padrões de qualidade do ar, conforme Tabela 41. Atualmente, a legislação federal dos EUA estabelece padrões de qualidade do ar para CO, chumbo, NO_2, O_3, MP_{10}, $MP_{2,5}$ e SO_2.

Tabela 41 – Padrões de qualidade do ar adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA).

Poluente	Padrão	Tempo de amostragem	Concentração	Forma de atendimento
Chumbo	Primário e secundário	Média móvel trimestral	0,15 µg.m^{-3}	Não ser excedido.
Dióxido de enxofre	Primário	1 h	0,075 ppm	Média de 3 anos do percentil 99 de cada ano, calculado a partir das máximas diárias de 1 hora.
	Secundário	3 h	0,5 ppm	Não ser excedido mais que uma vez por ano.
Dióxido de nitrogênio	Primário	1 h	0,100 ppm	Média de 3 anos do percentil 98 de cada ano, calculado a partir das máximas diárias de 1 hora.
	Primário e secundário	Média aritmética anual	0,053 ppm	Média anual.
Monóxido de carbono	Primário	1 h	35 ppm (40.000 µg.m^{-3})	Não ser excedido mais que uma vez por ano.
		8 h	9 ppm (10.000 µg.m^{-3})	
Ozônio	Primário e secundário	8 h	0,070 ppm	Média de 3 anos, da quarta máxima de cada ano, calculada a partir das máximas diárias de oito horas.
Partículas inaláveis (MP_{10})	Primário e secundário	24 h	150 µg.m^{-3}	Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano, na média de 3 anos.

Poluente	Padrão	Tempo de amostragem	Concentração	Forma de atendimento
Partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$)	Primário e secundário	24 h	35 $\mu g.m^{-3}$	Média de 3 anos do percentil 98 de cada ano, calculado a partir das médias diárias de 24 horas.
	Primário	Média aritmética anual	12 $\mu g.m^{-3}$	Média de 3 anos das médias anuais.
	Secundário	Média aritmética anual	15 $\mu g.m^{-3}$	Média de 3 anos das médias anuais.

Nota: Padrão primário – estabelece limites para proteger a saúde púbica, incluindo a saúde da população "sensível" como asmáticos, crianças e idosos. Padrão secundário – estabelece limites para proteger o bem-estar público, incluindo proteção contra a redução da visibilidade, danos a animais, colheita, vegetação e edificações.

Fonte: CETESB (2018).

Na Tabela 42 estão os padrões recomendados pela OMS. A OMS ressalta que, apesar das suas recomendações terem aplicação global, cada país deve estabelecer seus próprios padrões de qualidade do ar, adequando-os às suas especificidades, uma vez que variações decorrentes do nível de desenvolvimento do país, dos riscos existentes à saúde, da viabilidade tecnológica, de considerações econômicas e de outros fatores sociais e políticos podem influenciar (WHO, 2005; SANTANA et al., 2012).

Tabela 42 – Valores guias recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Poluente	Concentração ($\mu g.m^{-3}$)	Tempo de amostragem
Dióxido de enxofre	20	24 horas
	500	10 minutos
Dióxido de nitrogênio	200	1 hora
	40	Anual
Monóxido de carbono	10.000	8 horas
	9 ppm	
Ozônio	100	8 horas
Material particulado $MP_{2,5}$	10	Média aritmética anual
	25	24 h (percentil 99)
Material particulado MP_{10}	20	Anual
	50	24 h (percentil 99)

Fonte: CETESB (2018).

Na União Europeia, os padrões são divididos em valor-limite e valor-alvo, conforme Tabela 43. Os valores-limite são de atendimento obrigatório a partir da data em que entram em vigor e os valores-alvo devem ser atendidos na medida do possível até a data estipulada para atendimento, tendo o caráter de metas, inexistindo penalidades caso não sejam atingidos no prazo de atendimento (SANTANA et al., 2012).

Tabela 43 – Valores de referência adotados pela União Europeia.

Poluente	Valor-limite	Valor-alvo	Concentração	Tempo de amostragem	Ultrapassagens permitidas / ano
Dióxido de enxofre (SO_2)	x		350 µg.m^{-3}	1 hora	24
			125 µg.m^{-3}	24 horas	3
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	x		200 µg.m^{-3}	1 hora	18
			40 µg.m^{-3}	1 ano	--
Partículas inaláveis (MP_{10})	x		50 µg.m^{-3}	24 horas	35
			40 µg.m^{-3}	1 ano	--
Partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$)	X		25 µg.m^{-3}	1 ano	--
Chumbo	X		0,5 µg.m^{-3}	1 ano	--
Monóxido de carbono (CO)	X		10 mg.m^{-3}	Máxima média 8 horas	--
Benzeno (C_6H_6)	X		5 µg.m^{-3}	1 ano	--
Ozônio (O_3)		X	120 µg.m^{-3}	Máxima média 8 horas	Não exceder mais de 25 dias, em média, por ano, num período de 03 anos.
Arsênio (As)		X	6 ng.m^{-3}	1 ano	--
Cádmio (Cd)		X	5 ng.m^{-3}	1 ano	--
Níquel (Ni)		X	20 ng.m^{-3}	1 ano	--
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos		X	1 ng.m^{-3}	1 ano	--

Nota: (1) – Expresso como Benzo(a)Pireno. Valor-limite – nível fixado com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana e no meio ambiente, a atingir num prazo determinado e que, quando atingido, não ser excedido. Valor-alvo – nível fixado com o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente, a atingir na medida do possível num prazo determinado.

Fonte: CETESB (2018).

4.1.1.3 Índice de qualidade do ar

Para melhor entendimento da qualidade do ar e para atuar em situações críticas quando algum padrão é excedido, utiliza-se o Índice de Qualidade do Ar (IQA), de maneira similar ao empregado pela *Environmental Protection Agency* – EPA (SILVA, 2008). O IQA está baseado numa experiência acumulada de vários anos nos Estados Unidos e Canadá, e foi desenvolvido com o objetivo de padronizar o processo de divulgação da informação sobre a qualidade do ar à população em geral, além de padronizar todas as substâncias em uma única escala (CETESB, 2012; IAP, 2015).

A estrutura do IQA contempla os parâmetros dióxido de enxofre (SO_2), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI), fumaça, monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3) e dióxido de nitrogênio (NO_2). O índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar e os níveis de atenção, alerta e emergência (IAP, 2015). Dessa função, que relaciona a concentração gravimétrica do poluente com o valor do índice, resulta um número adimensional referido a uma escala com base nos padrões de qualidade do ar nacionais (CETESB, 2012). Por definição, ao nível do padrão primário é atribuído um índice de 100; ao nível de atenção, um índice de 200; ao nível de alerta, um índice de 300; e ao nível de emergência, um índice de 400.

Para cada poluente medido, é calculado o IQA. Para efeito de divulgação, utiliza-se o índice mais elevado entre todos os índices calculados para cada poluente, ou seja, embora a qualidade do ar de uma estação, por exemplo, seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada pelo maior índice (pior caso) (CETESB, 2018). Depois de calculado o valor do índice, a qualidade do ar é classificada entre as seis categorias definidas pela EPA, apresentadas na Tabela 44.

Tabela 44 – Classificação da qualidade do ar através do índice de qualidade do ar.

Índice de Qualidade do Ar	Classificação	PTS 24 h (µg/m³)	Fumaça 24 h (µg/m³)	PI 24 h (µg/m³)	SO_2 24 h (µg/m³)	O_3 1 h (µg/m³)	CO 8 h (ppm)	NO_2 1 h (µg/m³)
0-50	**BOA**	0-80	0-60	0-50	0-80	0-80	0-4,5	0-100
>50-100	REGULAR	>80-240	>60-150	>50-150	>80-365	>80-160	>4,5-9,0	>100-320
>100-200	INADEQUADA	>240-375	>150-250	>150-250	>365-800	>160-400	>9,0-15	>320-1.130
>200-300	MÁ	>375-625	>250-420	>250-420	>800-1.600	>400-800	>15-30	>1.130-2.260
>300-400	PÉSSIMA	>625-875	>420-500	>420-500	>1.600-2.100	>800-1.000	>30-40	>2.260-3.000
>400	CRÍTICA	>875	>500	>500	>2.100	>1.000	>40	>3.000

Fonte: IAP (2015).

4.1.1.4 Material particulado

O material particulado corresponde a uma mistura de componentes sólidos e líquidos que podem variar na composição e no tamanho, de acordo com a fonte de emissão e condições meteorológicas presentes no ambiente (RODRIGUES et al., 2015).

O material particulado pode ser classificado de acordo com o diâmetro aerodinâmico das partículas em partículas totais em suspensão (MPTS ou PTS), partículas inaláveis (MP_{10} ou PI), partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$) e partículas suspensas (PS). O tamanho das partículas possui relação inversamente proporcional ao potencial de deposição no trato respiratório e os efeitos à saúde associados (RODRIGUES et al., 2015).

De acordo com a OMS, a evidência epidemiológica mais recente e extensa baseia-se, em grande parte, em estudos utilizando as partículas com diâmetro inferior a 10 micrômetros (MP_{10}) como indicador de exposição (WHO, 2005), o qual tem sido amplamente utilizado para o monitoramento de material particulado. Quando utilizado como indicador, o MP_{10} compreende a massa de partículas que entra no trato respiratório incluindo partículas grosseiras (MP_{10} a $MP_{2,5}$) e partículas finas ($MP_{2,5}$), as quais contribuem para os efeitos na saúde observados, principalmente em ambientes urbanos (WHO, 2005; FREITAS; SOLCI, 2009).

Em grande parte dos ambientes urbanos, as partículas grosseiras são oriundas principalmente de processos mecânicos, como atividades de construção, ressuspensão de poeira da estrada e pela ação do vento, e as partículas finas são originárias principalmente de processos de combustão (WHO, 2005). Em algumas áreas, a combustão de madeira e de outros combustíveis de biomassa pode ser uma importante fonte de partículas finas (WHO, 2006).

Segundo Baird e Cann (2011), a ação dos ventos gera partículas grossas pela desintegração mecânica das folhagens; o pólen liberado das plantas também pode ser considerado partículas grossas primárias; incêndios e erupções vulcânicas geram material particulado fino e grosso e, ao redor e acima dos oceanos, temos alta concentração de cloreto de sódio no ar quando a água evapora.

Em relação às partículas finas, estas são originárias principalmente pelas reações químicas entre os gases e pela coagulação de espécies ainda menores, incluindo moléculas no estado de vapor, sendo classificadas como partículas secundárias. As principais partículas finas de origem antropogênica incluem as originárias do uso de pneus e freios nos veículos e a poeira de fundição de metais. Além disso, a combustão incompleta de combustíveis à base de carbono, como carvão, óleo, gasolina e diesel, produzem muitas partículas finas de fuligem. Consequentemente, o escapamento de veículos é uma das principais fontes primárias de materiais particulados à base de carbono (BAIRD; CANN, 2011).

As partículas pequenas se assentam tão lentamente que elas estão suspensas quase indefinidamente no ar, a não ser que elas se fixem a algum objeto que encontram. As partículas muito pequenas se agregam formando partículas maiores, geralmente ainda na categoria de tamanho fino. Partículas finas tendem a permanecer no ar por dias ou semanas, enquanto partículas grosseiras se assentam rapidamente. Além do processo de sedimentação, as partículas podem também ser removidas do ar pela absorção nas gotas de chuva (BAIRD; CANN, 2011). Essas partículas suspensas no ar ocasionam impactos negativos à saúde das pessoas, dos animais, da vegetação, além de desgastar e corroer infraestruturas construídas, entre outros danos (PEREIRA; FORTES; MARTINS, 2015).

Alguns gases têm o efeito potencializado quando na presença de material particulado na atmosfera, como é caso do dióxido de enxofre, cujo efeito nocivo é muito maior (TORRES; MARTINS, 2005).

4.1.1.5 Material particulado: danos à saúde

De acordo com a OMS (WHO, 2006), estudos demonstram que o material particulado suspenso no ar ocasiona efeitos adversos à saúde pública, tanto em populações expostas em áreas urbanas de países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. Os efeitos são amplos e afetam os sistemas respiratório e cardiovascular, principalmente de crianças, adultos e pessoas sensíveis, e tendem a aumentar com a prolongação do tempo de exposição (WHO, 2005).

De modo geral, as partículas penetram nos pulmões, bloqueando e irritando as vias respiratórias, provocando efeitos à saúde. Alguns exemplos são a doença do pulmão negro em mineradores de carvão, a fibrose pulmonar nos operários que lidam com amianto e o enfisema em habitantes das cidades, as quais estão associadas ao acúmulo de partículas nos pulmões. As pequenas partículas exercem maior impacto à saúde porque penetram mais profundamente no pulmão. As partículas maiores do que alguns micrômetros ficam retidas no nariz e na garganta, de onde são mais facilmente eliminadas (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

As partículas de fuligem são capazes de adsorver quantidades significativas de substâncias químicas tóxicas em suas superfícies irregulares, sendo consideradas um problema à parte (SPIRO; STIGLIANI, 2009). Muitos dos efeitos sobre a saúde humana são desencadeados pela inalação de material particulado de diferentes tamanhos contendo metais em sua composição (MAGALHÃES; JUNIOR; COUTRIM, 2010). Tagliani et al. (2017) afirmam que nas frações menores de partículas presentes no

ar ($PM_{2,5}$ e PM_1) maior é a concentração de compostos tóxicos, tais como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs) e metais pesados contidos, aderidos às partículas. Além disso, as partículas finas são de difícil controle, pois derivam de várias e dispersas fontes. Segundo os autores, as evidências epidemiológicas associam as partículas às doenças e à mortalidade de forma mais direta do que qualquer outro poluente gasoso (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Estudos atuais indicam que não há como estabelecer um valor-limite para o material particulado que garanta a completa proteção da população aos seus efeitos. O recomendado é que as autoridades estabeleçam concentrações mais baixas de acordo com o contexto das restrições locais, da capacidade e da prioridade de saúde pública. Esses padrões cada vez mais rigorosos devem acompanhar a redução das emissões e a concentração decrescente de material particulado emitido (WHO, 2005, 2006).

Dependendo do seu diâmetro médio, as partículas em suspensão ocasionam perturbação pela capacidade de permanecer por longos períodos na atmosfera antes de serem removidas por mecanismos de depuração, e por apresentarem espécies químicas tóxicas em sua superfície, como metais pesados e diversos compostos orgânicos (MAGALHÃES; JUNIOR; COUTRIM, 2010). Segundo os autores, essas partículas são constituídas de líquidos e sólidos, e seu diâmetro médio varia de alguns nanômetros a cerca de 500 µm, mas as que realmente interferem na qualidade do ar de regiões urbanas se concentram em duas faixas de diâmetro médio, como as partículas finas (0,1 a 2,5 µm, ditas $PM_{2,5}$) e as partículas grossas (1,0 a 100 µm) (MAGALHÃES; JUNIOR; COUTRIM, 2010). Em complemento, os autores afirmam que as partículas com diâmetro inferior a 10 µm têm importância fundamental para o entendimento da contribuição da poluição atmosférica no ambiente, devido principalmente aos problemas relacionados à saúde humana, pois essas partículas são respiráveis e, ao alcançar os pulmões, desencadeiam graves danos à saúde por conter componentes tóxicos ou mutagênicos em sua composição (MAGALHÃES; JUNIOR; COUTRIM, 2010; PEREIRA; FORTES; MARTINS, 2015).

Estudos relacionam as internações por doenças respiratórias à exposição a poluentes do ar. Machin e Nascimento (2018) realizaram um estudo para identificar os efeitos da exposição ao material particulado fino oriundo das emissões das indústrias instaladas na região, pela frota de veículos que supera os 400 mil e pelo número de focos de queimada em decorrência da baixa umidade e elevadas temperaturas da região, nas internações por doenças respiratórias em crianças de Cuiabá. No estudo ecológico de série temporal desenvolvido, os autores concluíram que há uma associação entre os registros de internações por doenças respiratórias e as concentrações simuladas de partículas finas inaláveis ($PM_{2,5}$), principalmente durante os períodos de poucas chuvas. Em estudo similar, Mantovani et al. (2016) estudaram os efeitos de poluentes ambientais sobre o número de internações por doenças cardiovasculares em São José do Rio Preto, encontrando associação entre a exposição ao $PM_{2,5}$ emitido pela frota veicular e pela atividade de queima da palha da cana-de-açúcar e internações por doenças cardiovasculares 5 dias após a exposição.

Pereira, Fortes e Martins (2015) estudaram a poluição do ar por material particulado em uma área intraurbana no Rio de Janeiro, com o intuito de investigar como a concentração de material particulado apresenta sensibilidade para os eventos rotineiros que ocorrem próximos às pessoas que frequentam, por exemplo, pátios de empresas, escolas, hospitais, *campus* universitários e demais deslocamentos em pequenos trechos intraurbanos. Durante o período de estudo, as concentrações

médias obtidas foram superiores ao valor recomendado pela OMS, 50 µg.m^{-3}, indicando a necessidade de estudos que verifiquem a exposição diária durante a jornada de trabalho, de pessoas submetidas a tais condições por períodos prolongados.

Dapper, Spohr e Zanini (2016) realizaram uma revisão sistemática para verificar estudos que associam a poluição com doenças no estado de São Paulo. No estudo, os autores concluíram que há uma diversidade de doenças estudadas associadas à poluição do ar, além das já conhecidas doenças do sistema respiratório e circulatório, tais como baixo peso ao nascer, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme. Toledo e Nardocci (2011) realizaram o mesmo estudo, também na cidade de São Paulo, e chegaram às mesmas conclusões, em que há relação entre a poluição do ar e problemas respiratórios e cardiovasculares, crescimento fetal, aumento da mortalidade e hospitalizações, especialmente em crianças e idosos.

Babadjouni et al. (2017) realizaram um levantamento bibliográfico para descrever os efeitos adversos da poluição atmosférica urbana no sistema nervoso central. Segundo os estudos consultados pelos autores, há associação do material particulado com processos de neuroinflamação e espécies reativas de oxigênio que afetam o sistema nervoso central, principalmente em crianças e em pessoas idosas. Os autores ressaltam que ainda faltam estudos que verifiquem os danos ocasionados pela poluição atmosférica em pessoas de meia-idade. Além disso, há relação da poluição atmosférica com doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson, e o aumento das incidências de AVC. Os autores concluem que grandes populações que vivem em ambientes altamente poluídos estão em risco.

4.1.1.6 Parâmetros meteorológicos

A degradação da qualidade do ar ocorre em função de um conjunto de fatores, tais como as taxas de emissões de poluentes, a localização e a concentração das fontes fixas ou estacionárias, das fontes móveis e das fontes agrossilvopastoris, assim como das características físico-químicas dos poluentes emitidos, bem como da dispersão desses poluentes na atmosfera e as reações químicas que acontecem entre eles, as quais são fortemente influenciadas pelas condições climatometeorológicas (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014). Assim, as condições meteorológicas possibilitam estabelecer uma relação entre a fonte poluidora e o receptor, a partir do transporte e da dispersão dos poluentes (TORRES; MARTINS, 2005).

Variáveis meteorológicas, como ventos, chuvas e instabilidade do ar, atuam de forma efetiva na qualidade do ar, uma vez que, por exemplo, a direção e a velocidade dos ventos propiciam o transporte, a dispersão dos poluentes atmosféricos e, em situações de calmaria, ocorre a estagnação do ar, aumentando a concentração dos poluentes na atmosfera. A precipitação também auxilia na remoção dos poluentes da atmosfera, uma vez que uma parcela significativa destes é incorporada à água da chuva. Além disso, a precipitação proporciona a umidificação do solo, evitando a ressuspensão das partículas para a atmosfera (TORRES; MARTINS, 2005).

4.1.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

A área estabelecida para o levantamento de dados relacionados à qualidade do ar concentra-se nos municípios mais afetados pela lama depositada e onde há moradores convivendo com o rejeito depositado, compreendendo a região entre a barragem de Santarém e a UHE Risoleta Neves, com ênfase aos municípios de Barra Longa, uma vez que os moradores dessa região não foram desalojados após o rompimento da barragem, e ao distrito de Paracatu de Baixo, Mariana/MG.

Considerando que os moradores permaneceram nesses municípios (Barra Longa e Paracatu de Baixo) durante o período de reconstrução e considerando que parte do rejeito depositado foi removido ao longo de um ano após o desastre, parte foi aterrada no campo de futebol e no parque de exposições, parte foi transformada em bloquete de calçamento e parte secou, virou pó e se espalhou pela cidade com o fluxo de caminhões e veículos pesados, houve uma alteração da qualidade do ar após o desastre e essa alteração permanece em função do rejeito estar presente nesses municípios e em contato com a população local. Além disso, há um agravamento da ressuspensão do material em função do baixo teor de umidade em estações seca do ano.

4.1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da linha-base de qualidade do ar, foi realizado um levantamento bibliográfico, o qual teve por objetivo verificar a existência de dados disponíveis sobre o monitoramento da qualidade do ar nos municípios afetados antes do desastre causado pelo rompimento da barragem de Fundão, em 5 de novembro de 2015.

Foram utilizadas diferentes plataformas de pesquisas científicas nacionais e internacionais, a saber: Google Acadêmico, Web of Science e Scientific Electronic Library Online (SciELO), além do acervo *on-line* da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A busca pelos trabalhos foi realizada por meio da combinação de diferentes palavras-chave, tais como: qualidade do ar, poluição, ar, meio ambiente, monitoramento, mineração, particulado, Ouro Preto, Mariana entre outros.

4.1.4 RESULTADOS

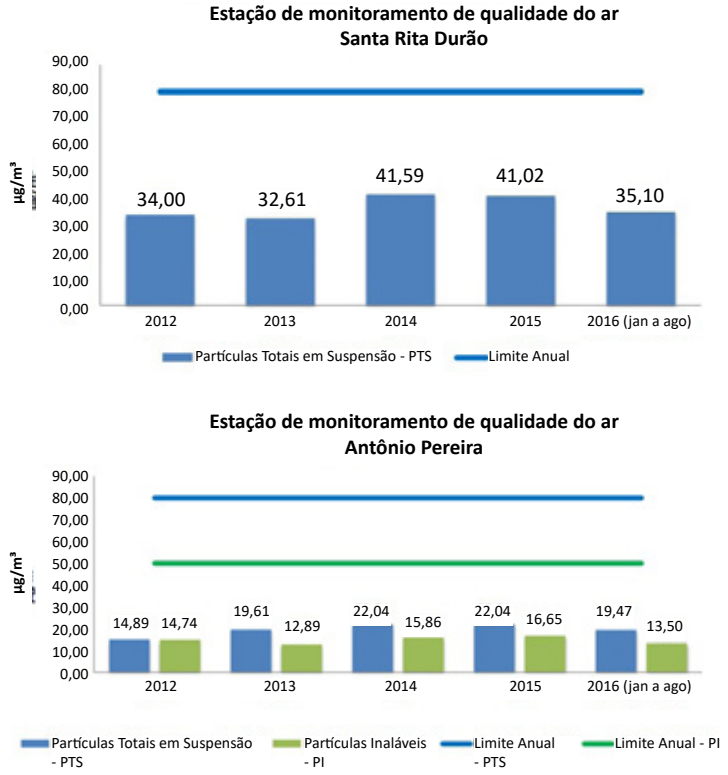
Os dados de qualidade do ar aqui apresentados são baseados em levantamento de dados secundários.

Não foram encontrados trabalhos realizados especificamente na área de abrangência definida (Barra Longa e Paracatu de Baixo, Mariana/MG). Dessa forma, foram pesquisados trabalhos relacionados ao tema executados em Minas Gerais.

De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) – EIA Integrado do complexo do Germano, elaborado pela Amplo Engenharia e Gestão de Projetos Ltda. (AMPLO, 2018) após o rompimento da barragem de Fundão em 2015, há duas estações de monitoramento da qualidade do ar nas proximidades do Complexo Germano, monitorando partículas inaláveis e partículas totais em suspensão. Essas estações estão localizadas uma no Distrito de Santa Rita Durão (Mariana/MG) e uma no Distrito de Antônio Pereira (Ouro Preto/MG). Segundo o relatório, a análise do histórico do monitoramento, de 2012 a 2016, indica que as concentrações de partículas inaláveis e de partículas totais em suspensão estão de acordo com os padrões de qualidade do ar anuais, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990, conforme a Figura 115. Em relação ao atendimento aos padrões diários de qualidade do ar, o referido relatório não faz menção.

O relatório destaca ainda que o trânsito intenso de veículos e equipamentos em minas pode provocar o aumento de poeiras e gases em decorrência da circulação e funcionamento, e que a Samarco mantém atividades de aspersão de água em suas vias de acesso e realiza manutenções periódicas nos equipamentos e veículos movidos a diesel, de forma a reduzir as emissões de gases de combustão e, assim, afetar menos a qualidade do ar (AMPLO, 2018).

Figura 115 – Histórico do monitoramento da qualidade do ar em duas estações de monitoramento próximas ao Complexo Germano, instaladas nos distritos de Santa Rita Durão (Mariana) e Antônio Pereira (Ouro Preto) nos anos de 2012 a 2016 (janeiro a agosto).



Fonte: Amplo (2018).

Na Figura 116, é possível ter uma visão geral das duas estações de monitoramento da qualidade do ar próximo ao Complexo Germano, instaladas nos distritos de Santa Rita Durão (Mariana) e Antônio Pereira (Ouro Preto).

Figura 116 – Visão geral das duas estações de monitoramento da qualidade do ar próximas ao Complexo Germano, instaladas nos distritos de Santa Rita Durão (Mariana) e Antônio Pereira (Ouro Preto).



Estação de monitoramento de qualidade do ar de Santa Rita Durão



Estação de monitoramento de qualidade do ar de Antônio Pereira

Fonte: Amplo (2018).

Santi, Suzuki e Oliveira (2000) avaliaram os resultados obtidos no monitoramento da concentração de material particulado na forma de partículas totais em suspensão e partículas inaláveis nos anos de 1997 a 1999, no município de Itabira/MG, em função da atividade mineradora da Companhia Vale do Rio Doce. Segundo os autores, em função da proximidade da mina com a área urbana, a ocorrência de alterações na qualidade do ar devido ao material particulado, principalmente nos períodos do ano com estiagem prolongada, baixa umidade relativa do ar e ventos de maior intensidade, registrados na região nos meses de abril a setembro, é observada.

O material particulado emitido à atmosfera em decorrência das atividades da Vale em Itabira apresenta-se como partículas sólidas de cor avermelhada e de granulometria variável, formadas por desagregação mecânica do minério e do solo (desmonte de explosivos e escavação), pela movimentação de máquinas e equipamentos, e pelo tráfego de veículos pesados nas frentes de lavra; pela ação dos ventos nas pilhas de estéril e nos taludes descobertos das frentes de lavra; nas plantas de beneficiamento de minério; e no transporte de minério, estéril e produtos. Assim, os autores reintegram que o material particulado produzido atinge, com intensidade diferente, toda a zona urbana do município, com impactos negativos à qualidade do ar e, consequentemente, à saúde da população, ocasionando doenças respiratórias, além do incômodo em decorrência da deposição do pó sobre as casas, ruas e vegetação (SANTI; SUZUKI; OLIVEIRA, 2000).

Quando comparadas as concentrações obtidas com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990, tanto para a média de 24 horas quanto para a média anual, violações aos padrões definidos foram registrados (SANTI; SUZUKI; OLIVEIRA, 2000).

Braga et al. (2007) avaliaram os efeitos do material particulado emitido em decorrência da atividade mineradora em Itabira/MG em pessoas atendidas com problemas respiratórios na unidade de pronto-socorro da cidade, e verificaram que dos 6.570 atendimentos anuais realizados a crianças com menos de 13 anos, 300 estão relacionados a problemas respiratórios de efeitos agudos em função da inalação de material particulado. As concentrações diárias de material particulado inalável foram obtidos pela rede automática de monitoramento da Companhia Vale do Rio Doce, a qual é formada por quatro estações de monitoramento localizadas no perímetro urbano da cidade. Durante o período do estudo (1º°de janeiro de 2003 a 23 de junho de 2004), foram observados valores de partículas inaláveis superiores ao padrão de qualidade do ar, considerando o valor máximo diário (150 $\mu g.m^{-3}$), no período entre setembro e novembro de 2003. Considerando a média do período, esta esteve abaixo dos padrões anuais (50 $\mu g.m^{-3}$). Os autores ressaltam que não existe um nível seguro de concentração de partículas inaláveis, e que os efeitos são observados mesmo em níveis de concentração muito abaixo dos padrões de qualidade do ar adotados.

Lana (2015) realizou um apanhado geral sobre a atividade de mineração no Brasil e em Minas Gerais. Apesar dos benefícios socioeconômicos gerados pela atividade, os problemas ocasionados à saúde humana e os problemas ambientais decorrentes da exploração e do beneficiamento dos recursos minerais são perceptíveis: poluição atmosférica pela liberação de particulados prejudiciais à saúde; poluição visual causada pela modificação na topografia e estrutura do terreno; supressão da vegetação para a retirada dos minerais e construção de lagoas de rejeitos; e assoreamento de corpos hídricos, descarte inadequado de rejeitos, causando a morte de animais e a contaminação do meio ambiente como um todo (LANA, 2015).

Guimarães e Milanez (2017) avaliaram os impactos da atividade de mineração em Itabira/MG com a instalação da Companhia Vale do Rio Doce na região. Segundo os autores, a poluição atmosférica foi um dos impactos que mais marcaram a população de Itabira, associada principalmente com a emissão de material particulado, gerado com o desmonte mecânico de minério e do solo, o que ocasiona em determinados períodos nuvens de poeira avermelhadas na região.

De acordo com o levantamento, iniciativas de controle ambiental foram implementadas, tais como a umidificação das estradas de acesso às minas e a aspersão de polímeros sobre vagões e taludes. Entretanto, o resultado desejado objetivando a redução das emissões de material particulado não foi obtido (GUIMARÃES; MILANEZ, 2017). A emissão de material particulado gera impactos estéticos e sanitários e, no caso de Itabira, os autores afirmam existir uma relação entre a baixa qualidade do ar e o aumento no número de casos de doenças respiratórias e cardiovasculares, atingindo principalmente a população pertencente ao grupo de pessoas sensíveis: crianças, adolescentes e idosos.

4.1.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA LINHA-BASE PÓS-DESASTRE

Como não foram encontrados dados disponíveis sobre o monitoramento da qualidade do ar nos municípios de Barra Longa e Paracatu, antes do rompimento da barragem de Fundão para comparação com o cenário atual da região, a proposta é avaliar o histórico de dados obtidos a partir do monitoramento das partículas totais em suspensão, partículas inaláveis (PM_{10}) e condições meteorológicas de superfície realizado pela empresa EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais, realizado a

pedido da Fundação Renova, de acordo com o Plano de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas estabelecido.

A rede de monitoramento da qualidade do ar compreende a área entre o Distrito de Bento Rodrigues e Santa Cruz do Escalvado, contemplando:

- duas estações instaladas em Barra Longa/MG: Centro e Volta da Capela;
- uma estação instalada em Mariana/MG: Paracatu de Baixo;
- previsão de instalação de mais três estações em Barra Longa/MG (Gesteira) e Rio Doce/MG (Santana do Deserto e Centro), de acordo com relatório emitido pela EcoSoft, porém sem data definida.

Os dados obtidos pelas estações serão avaliados quanto à representatividade, ao comportamento e aos padrões estabelecidos.

Além disso, pretende-se comparar os dados obtidos nessas estações com os dados históricos das duas estações de monitoramento da qualidade do ar próximo ao Complexo Germano, instaladas nos distritos de Santa Rita Durão (Mariana) e Antônio Pereira (Ouro Preto) desde 2012, período antes do ocorrido.

Pretende-se também, se possível, caracterizar o material particulado depositado no papel-filtro oriundo das estações instaladas em Barra longa e Paracatu, quanto à sua composição elementar, e comparar os resultados obtidos com os resultados de caracterização do rejeito para verificar a relação existente.

5 REFERÊNCIAS

ABAS. **Poços para captação de água**. Disponível em: < http://www.abas.org/educacao_pocos.php>. Acesso em 29 jan. 2019

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Unidades de planejamento hídrico**. 2016. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br>. Acesso em: 16 ago. 2018.

_____. **Base hidrográfica ottocodificada da bacia do rio Doce 1:50.000/1:100.000**. 2018. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br>. Acesso em: 16 ago. 2018.

AGROFLOR – ENGENHARIA E ASSESSORIA EM GESTÃO EMPRESARIAL LTDA. **Relatório para atendimento ao auto de fiscalização prospecção espeleológica**: alteamento da barragem de Santarém Mina do Germano. Viçosa: Agroflor, 2013.

Albino, J. **Morfodinâmica e processo de sedimentação atual das praias de Bicanga à Povoação, ES**. 1999. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ALKMIM, A. R. **Investigação geoquímica e estratigráfica da Formação Ferrífera Cauê na porção centro-oriental do Quadrilátero Ferrífero, MG**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Cráton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, v. 90, p. 29-58, 1998.

ALKMIM, F. F.; NOCE, C. M. (Eds.). The Paleoproterozoic record of the São Francisco Craton. In: IGCP 509 Field, 2006, Bahia and Minas Gerais, Brazil. **Field Guide & Abstracts**... Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto; Salvador: Universidade da Bahia, 2006.

ALLONDA AMBIENTAL. **Relatório técnico de consolidação das investigações geológico-geotécnicas realizadas nos diques intermediários e principal – Fazenda Floresta** (ALL-4458-E-RT-GEO-201). Belo Horizonte: Fundação Renova, 2017.

ALMEIDA, A. Q. et al. Análise da paisagem dos fragmentos florestais das bacias afluentes da margem oeste do rio Doce. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 3-154, 2012.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2000.

ALMEIDA, F. F. M. O cráton de São Francisco. **Rev. Bras. Geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, F. F. M. et al. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Sci. Rev.**, v. 17, p. 1-29. 1981.

AMORIM, D. S.; SANTOS, C. M. D. Flies, endemicity, and the Atlantic Forest: a biogeographical study using topographic units of analysis. **Australian Systematic Botany**, v. 30, n. 5-6, p. 439-469, 2017.

AMORIM, H. B. **Florestas nativas dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo**. Inventário Florestal Nacional. Brasília: IBDF, 1984.

AMORIM, L. Q.; ALKMIM, F. F. New ore types from the Cauê banded iron-formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil – responses to the growing demand. **Iron Ore Conference**, Perth, WA, p. 1-14, 2011.

AMPLO ENGENHARIA E GESTÃO DE PROJETOS LTDA. Relatório de Impacto Ambiental, RIMA – EIA Integrado do complexo do Germano. Disponível em: <https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2017/11/RIMA%20SAMARCO%20-%20FINAL.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO, H. L. C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.

ANGELIS, K. D. et al. The importance of animal studies in exercise science. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 23, p. e101625, 2017.

AQUINO, R.; GIL, D.; PEZO, E. Ecological aspects and hunting sustainability of paca (*Cuniculus paca*) in the Itaya river basin, Peruvian Amazonia. **Revista Peruana de Biologia**, v. 16, p. 67-72, 2009.

ARAUJO, D. S. D.; PEREIRA, O. J.; PEIXOTO, A. L. Campos nativos at the Linhares Forest Reserve, Espírito Santo, Brazil. In: THOMAS, W. (Ed.). **The Atlantic Coastal Forest Northeastern Brazil**. New York: The New York Botanical Garden, 2008. p. 351-394.

ARRUDA, M. B.; SÁ, L. F. S. N. (Orgs.). **Corredores ecológicos**: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil. Brasília, DF: Edições Ibama, 2003. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/corredoresecologicosdigital.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2017.

ASSESSORIA DE NORMAS E PROCEDIMENTOS (ASNOP). Procedimentos para análise dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e de atividades efetiva ou potencialmente causadoras de impactos sobre cavidades naturais subterrâneas. Instrução de Serviço no Sisema (IS) nº 08/2017. Belo Horizonte: Semad, 2017. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/SEMAD/INSTRUCOES_SERVICO/IS_08-2017_-_Procedimentos_para_an%C3%A1lise_dos_processos_de_licenciamento_ambiental_de_empreendimentos_e_de_atividades_efetiva_ou_potencialmente_causadoras_de_impactos_sobre_cavidades_naturais_subterr%C3%A2neas.pdf>. Acesso em: jul. 2017.

ASSIS, M. A. Diversidade e conservação das Florestas de Encosta no Espírito Santo. In: MENEZES, L. F. T. de et al. (Orgs.). **Ecossistemas Costeiros do Espírito Santo**: conservação e restauração. Vitória: EDUFES, 2007. p. 45-58.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). **Ensaios de permeabilidade em solos**: orientações para a sua execução no campo. 4. ed. São Paulo, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILERA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6502:1995**. Análise granulométrico – rochas e solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 13601:1996** – Solo – Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio do torrão (crumb test) – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 14114:1998**. Solo: Solos argilosos dispersivos. Identificação e classificação por meio do ensaio do furo de agulha (*pinhole test*). Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 6459:2016**– Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 6484:2001**. Solo – Sondagens de simples reconhecimentos com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

_____. **NBR 7180:2016**– Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016

_____. **NBR 7181:2016**. - Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 9604:2016**. Procedimento: abertura de polo e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

AULER, A. S.; PILÓ L. B. Introdução às cavernas em minério de ferro e canga. **O Carste**, v. 17, n. 3, p. 70-72, 2005.

ÁVILA, C. A. **Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, região de São João Del Rei, MG**. 2000. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

AZEVEDO, J. C. **Florestas, ambiente e sustentabilidade**: uma abordagem centrada nos serviços de ecossistema das florestas do distrito de Bragança. Lisboa: Academia de Ciências de Lisboa, 2002.

BABADJOUNI, R. M. et al. Clinical effects of air pollution on the central nervous system; a review. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 43, p. 16-24, 2017.

BACCARO, C. A. D. et al. Mapeamento geomorfológico do rio Araguari. In: LIMA, S. C.; SANTOS, R. J. (Orgs.). **Gestão ambiental da bacia do rio Araguari**: rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia: UFU, 2004. p. 1-20.

BACOCCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros: uma tentativa de classificação. **Boletim Técnico da Petrobras**, n. 14, p. 5-38, 1971.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BALTAZAR, O. F. et al. Mapa geológico na escala 1:50.000 com nota explicativa. In: LOBATO, L. M. et al. **Projeto geologia do Quadrilátero Ferrífero** – integração e correção cartográfica em SIG com nota explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.

BALTAZAR O.F.; ZUCCHETTI M. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas Greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: a review of the setting of gold deposits. **Ore Geology Reviews**, 32: 471–499. 2007.

BARBOSA, A. L. M. et al. **Mapa geológico preliminar do médio rio Doce**. Escala 1:200.000. Belo Horizonte: GEOSOL/DNPM, 1966. (Projeto Médio Rio Doce).

BARBOSA, A. L. M.; GROSSI SAD, J. H. Geoquímica e petrologia dos charnockitos e rochas afins do Complexo Juiz de Fora, MG-RJ. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAI, 2., 1983, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1983. p. 75-84.

BARBOSA, G. V. Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero. **Rev. Bras. Geociências**, v. 10, n. 1, p. 89-101, 1980.

BARDGETT R. et al. Dynamic interactions between soil animals and microorganisms in upland grassland soils amended with sheep dung: a microcosm experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 531-539, 1998.

BARRELA, W. et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs.). **Matas ciliares, conservação e recuperação**. São Paulo: FAPESP, 2009.

BARROS, L. V. et al. Sismicidade Induzida por Reservatório (SIR): casos brasileiros. **Boletim SBGF**, n. 96. 2016. Disponível em: <https://www.sbgf.org.br/home/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BASTOS, S. **Aplicações de indicadores de avaliação e monitoramento em um projeto de restauração florestal, Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPNN Fazenda Bulcão, Aimorés, MG**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

BECKER, D. J. et al. Predictors and immunological correlates of sublethal mercury exposure in vampire bats. **Royal Society open science**, v. 4, n. 4, p. 170073, 2017.

BENCKE, G. A.; MAURICIO, G. N.; DEVELEY, P. F.; GOERCK, J. M. (Eds.). Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica. São Paulo: SAVE Brasil, 2006.

BENEDETTI, M. M. et al. **Representatividade e potencial de utilização de um banco de dados de solos do Brasil**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

BERROCAL, J. Atividade Sísmica e sua ocorrência. **Boletim SBGF**, n. 96, 2016. Disponível em: <https://www.sbgf.org.br/home/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

BERROW, M. L.; STEIN, W. M. Extraction of metals from soils and sewage sludges by refluxing with aqua regia. **Analyst**, v. 108, p. 277-285, 1983.

BEUKES, N. J. Suggestions toward a classification of and nomenclature for iron-formation. **Trans. Geol. Soc. S. Afr.**, v. 83, p. 285-290, 1980.

BEZERRA, F. H.; FERREIRA, J. M.; NASCIMENTO, A. F. Neotectônica e sismicidade no Brasil. **Boletim SBGF**, n. 96, 2016. Disponível em: <https://www.sbgf.org.br/home/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

BIODIVERSITAS, Fundação. 2017a. **Corredor Ecológico Sossego-Caratinga.** Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/corredorecologico/inicial.asp

_____. 2017b. **Reserva da Bioesfera da Serra do Espinhaço.** Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/rbse/default.asp

BIODIVERSITAS, Fundação. DRUMMOND, G. M. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. Ed - Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

BITENCOURT, G. A. **Formação econômica do Espírito Santo**: o roteiro da industrialização. Vitória: Cátedra, 1987.

BIZZI, L. A. et al. (Eds.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. Brasília, DF: CPRM, 2003.

BLANDÓN, N. A. R. **Dissipação de energia em estruturas de edifícios sob ação sísmica**. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

BOM JESUS DO GALHO. **Lei Municipal Nº 968, de 29 de abril de 2002.** Cria a Área de Proteção Ambiental (APA), denominada 'APA do Município de Bom Jesus do Galho' e dá outras providências. Câmara Municipal de Bom Jesus do Galho, 2002. Disponível em: <https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro4676/documento%201.pdf>

BORBA, R. P. **Arsênio em ambiente superficial**: processos geoquímicos naturais e antropogênicos em uma área de mineração aurífera. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. A influência das condições geoquímicas na oxidação da arsenopirita e na mobilidade do arsênio em ambientes superficiais tropicais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 489-500, 2004.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B.; CAVALCANTI, J. A. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). **Rem: Rev. Esc. Minas**, v. 57, n. 1, p. 45-51, 2004.

BORDIGNON, M. O. Diet of the fishing bat *Noctilio leporinus* (Linnaeus) (Mammalia, Chiroptera) in a mangrove area of southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 1, p. 256-260, 2006.

BORDIGNON, M. O.; FRANÇA, A. O. Fish consumption by *Noctilio leporinus* (Linnaeus, 1758) in Guaratuba Bay, southern Brazil. **Chiroptera Neotropical**, v. 8, n. 1-2, p. 148-150, 2002.

BORTOLUZZI, R. **Papilonoideae (Leguminosae) no Parque Estadual Rio Doce, Minas Gerais, Brasil**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

BORTOLUZZI, R. et al. Leguminosae, Papilionoideae no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. II: árvores e arbustos escandentes. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 49-71, 2004.

BOSQUETTI, L. **Caesalpinioideae (Leguminosae) no Parque Estadual Rio Doce, Minas Gerais, Brasil**. 2004. Tese (Pós-Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BOVINI, M.; OKANO, R. M.; VIEIRA M. Malvaceae A. Juss. no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Revista Rodriguésia**, v. 52, n. 81, p. 17-47, 2001.

BRAGA, A. L. F. et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 23, suppl. 4, p. S570-S578, 2007.

BRANDT MEIO AMBIENTE. Estudo de impacto ambiental barragem de rejeito Fundão. Belo Horizonte: Brandt, 2005.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Divisão de Pesquisas. **Recomendações para proteção de taludes contra erosão**. Rio de Janeiro: IPR/DNER, 1979.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). Portaria Nº 887, de 15 de junho de 1990. Pulicado no Diário Oficial da União Nº 117, de 20 de junho de 1990, Seção I. Pp. 11844. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jun. 1990.

_____. Decreto Federal nº 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 out. 1990.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 ago. 1990.

_____. Decreto Federal nº 750 de 10 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 11 fev. 1993.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília, DF: Conservation International do Brasil/Fundação SOS Mata Atlântica/Fundação Biodiversitas/Instituto de Pesquisas Ecológicas/ Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG, 2000.

_____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). Portaria Nº 89, de 13 de agosto de 2001.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Portaria Nº 014 de 23 de fevereiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 abr. 2001.

_____. INSITITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (IBAMA). Portaria Nº 15, de 23 de fevereiro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 fev. 2001.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 set. 2004.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria Nº 034, de 18 de abril de 2006. Publicação no Diário Oficial da União Nº 76, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 abr. 2006.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira: atualização – Portaria mmA nº 09, de 23 de janeiro de 2007. Brasília, DF: mmA, 2007.

_____. Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008. Dispõe sobre nova redação para o Decreto no 99.556, de 01 de outubro de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 nov. 2008.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 abr. 2008.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2014a.

_____. Decreto de 13 de outubro de 2014. Cria o Parque Nacional da Serra do Gandarela, localizado nos Municípios de Nova Lima, Raposos, Caeté, Santa Bárbara, Mariana, Ouro Preto, Itabirito e Rio Acima, Estado de Minas Gerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 out. 2014b.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2014c.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Reserva da Biosfera**. Brasília: mmA, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga/reserva-da-biosfera>. Acesso em: 8 ago. 2017.

_____. Decreto Federal nº. 99.274, de 6 de junho de 1990. Dispõe sobre a regulamentação da Lei nº 6.902/81, e a Lei nº. 6.938/81. Brasília, DF, 7 junho 1990.

_____. Decreto sem número, de 5 de junho de 2012. Estabelece a ampliação da área da Floresta Nacional de Goytacazes, no município de Linhares, Espírito Santo, e dá outras providências. República Federativa do Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Dsn/Dsn13322.htm#art6>

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Série corredores ecológicos: 12 anos de trabalho pela conservação da biodiversidade nacional** / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: mmA, 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Instrução normativa nº 2, de 20 de agosto de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 ago. 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº. 428, de 17 de dezembro de 2010.** Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA. Brasília, DF, 20 dezembro 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. **Circular Técnica n. 52**. IPEF – Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. Piracicaba, SP, 1979.

BROOKS, T.; TOBIAS, J.; BALMFORD, A. Deforestation and bird extinctions in the Atlantic forest. **Animal Conservation**, v. 2, p. 211-222, 1999.

BROSE, U.; HILLEBRAND, H. Biodiversity and ecosystem functioning in dynamic landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1694, p. 20150267, 2016.

BRUNES, T. O. et al. Gene and species trees of a Neotropical group of treefrogs: genetic diversification in the Brazilian Atlantic Forest and the origin of a polyploid species. **Mol. Phylogenet. Evol**., v. 57, p. 1120-1133, 2010.

BUENO, A. A.; MOTTA-JUNIOR, J. C. Food habits of two syntopic canids, the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), in southeastern Brazil. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 77, p. 5-14, 2004.

BULL, J. et al. Importance of baseline specification in evaluating conservation interventions and achieving no net loss of Biodiversity **Conserv. Biol**., v. 28, p. 799-809, 2014.

BVP ENGENHARIA. **Relatório de ensaios**. Banco de dados de sondagens (projeto executivo). Belo Horizonte: Fundação Renova, 2017. (N013600-G-1RT001).

CABANNE, G. S. et al. Nuclear and mitochondrial phylogeography of the Atlantic forest endemic Xiphorhynchus fuscus (Aves: Dendrocolaptidae): biogeography and systematics implications. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 49, p. 760-773, 2008.

CABRAL, A. T.; LOUREIRO, C. O. Modelamento hidrogeológico do aquífero aluvionário de Amaro Lanari – Vale do Aço – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2002.

CAMARGO, V.; SILVA, A.; NETO, J.; MARTINS, S. Influência de fatos edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, PERD. **Acta Botânica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 75-84, 2008.

CAMPOS, J. B. A Fragmentação de Ecossistemas, Efeitos Decorrentes e Corredores de Biodiversidade. In: CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MUELLER, C. R. C. **Unidade de Conservação: Ações para Valorização da Biodiversidade**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2006. Cap. 3, p. 165-173.

CANELAS, M. A. S.; BERTOLUCI, J. Anurans of the Serra do Caraça, southeastern Brazil: species composition and phenological patterns of calling activity. Iheringia. **Série Zoologia**, v. 97, n. 1, p. 21-26, 2007.

CARMO, F. F.; JACOBI, C. M. Diversity and plant trait-soil relationships among rock outcrops in the Brazilian Atlantic rainforest. **Plant and soil**, v. 403, n. 1-2, p. 7-20, 2016.

CARNEIRO, M. A. **O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano. 1992. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

CARRERO, J. A. et al. Diagnosing the traffic impact on roadside soils through a multianalytical data analysis of the concentration profiles of traffic-related elements. **Science of the Total Environment**, v. 458-460, p. 427-434, 2013.

CARVALHO-JUNIOR, O. **No rastro da lontra brasileira.** Florianópolis: Bernuncia, 2007.

CARVALHO-JUNIOR, O.; BANEVICIUS, N. M. S.; MAFRA, E. O. Distribution and characterization of environments used by otters in the coastal region of Santa Catarina State, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 39, p. 1087-1089, 2004.

CASTRO. E. C.; FERREIRA, J. E.; CASTRO; P. T. A. Formação Cata Preta: uma nova unidade litoestratigráfica, definida em rochas cenozoicas, no extremo leste do Quadrilátero Ferrífero. In: Congresso Brasileiro de Geologia, EXPOGEO – "Geologia e Desenvolvimento", 40., Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: EXPOGEO, 1998a. p. 81.

CASTRO. E. C.; FERREIRA, J. E.; CASTRO; P. T. A. Unidades litoestratigráficas Cenozoicas que ocorrem na borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: Congresso Brasileiro de Geologia, EXPOGEO – "Geologia e Desenvolvimento", 40., Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: EXPOGEO, 1998b. p.: 92.

CENIBRA. Reserva Particular do Patrimônio Natural comemora duas décadas de excelência ambiental. **CENIBRA**, 13 out. 2014. Disponível em: <https://www.cenibra.com.br/noticias/reservaparticular-patrimonio-natural-comemora-duas-decadas-de-excelencia-ambiental>. Acesso em: 1 set. 2017.

CENTRO DE SISMOLOGIA DA USP (IAG). **Boletim sísmico – IAG**. Disponível em: <http://moho.iag.usp.br/eq/bulletin>. Acesso em: 26 set. 2017.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – CANIE. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html> Acesso em: 05 jun. 2017.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). **Rotina de procedimentos associados à coleta de dados relativos à localização de cavidades**. Brasília: CECAV, 2009.

CH2M. **Anexo I – Relatório das atividades de campo para aplicação do plano de manejo no trecho 08**. São Paulo: CH2M, 2017.

CHAMECKI, P. R. **Metodologias de Laboratório para estudos da erosão hídrica em solos**: aplicação a uma argila da Formação Guabirotuba. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

CHAPIN III, F. S. et al. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 234-242, 2000.

CHEIDA, C. C. et al. Ordem Carnivora. In: REIS, N. R. et al. (Orgs). **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. Londrina: Nélio R. dos Reis, 2011. p. 235-288.

CHEMALE JR., F.; QUADE, H.; VAN SCHMUS, W. R. Petrography, geochemistry and geochronology of the Borrachudo and Santa Barbara metagranites, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Zbl. Geol. Paläont.**, v. 1, n. 36, p. 739-750, 1997.

CHEMALE JR., F.; ROSIÈRE, C. A.; ENDO, I. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero: um modelo. **Pesquisas**, v. 18, n. 2, p. 104-127, 1992.

CHEMALE JR., F.; ROSIÈRE, C. A.; ENDO, I. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precamb. Res.**, v. 65, p. 25-54, 1994.

CHUNG, S. et al. A survey on aerial swarm robotics. **IEEE Transactions on Robotics**, v. 34, n. 4, p. 837-855, Aug. 2018.

COELHO, A. L. N. **Alterações hidrogeomorfológicas no médio-baixo rio Doce/ES**. 2007. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

COLARES, E. P.; WALDEMARIN, H. F. Feeding of the Neotropical River Otter (*Lontra longicaudis*) in the Coastal Region of the Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **IUCN Otter Spec. Group Bull**., v. 17, n.1, p. 6-13, 2000.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2011**. São Paulo: CETESB, 2012. (Série Relatórios). Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>. Acesso em: 24 jun. 2015.

_____. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2017** [recurso eletrônico]. São Paulo: CESTESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2018/05/relatorio-qualidade-ar-2017.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2018.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS (CODEMIG). **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. 2014. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 10 ago. 2018.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e Planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce**. Diagnóstico e Prognóstico da Bacia do Rio Doce. Brasília: ANA, 2010a.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e Planos de ações para as unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce**: anexos. Brasília: ANA, 2010b.

COOK, P. G. **A guide to regional groundwater flow in fractured rock aquifers**. Glen Osmond, Australia: CSIRO Land and Water, 2003.

COPPE. **Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana noves meses após o desastre**. COPPETEC Fundação. Vale do Rio doce. Rio de Janeiro, 2017.

CORDANI, U. G. et al. Interpretação tectônica e petrológica de dados geogronológicos do embasamento na borda sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. **Academia Brasileira de Ciências**, v. 52, n. 4, p. 785-799, 1980.

CÓRREGO NOVO. Lei nº 695, de 25 de fevereiro de 2003. Dispõe sobre a implantação da Área de Proteção Ambiental no município de Córrego Novo - APA Córrego Novo, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Córrego Grande, 25 fev. 2003. Disponível em: <http://corregonovo.mg.gov.br/panel/licitacoes/leis/lei_695-2003_-_cria%C3%A7ao_da__apa.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2017.

_____. **Plano de gestão e manejo**: área de proteção ambiental. APA Córrego Novo. Córrego Novo: Universalis, 2008. Disponível em: <http://www.universalisconsultoria.com.br/projetos/0030.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2017.

CORREIA, G. **Indicadores de avaliação em floresta em restauração e em ecossistema de referência, Reserva Natural Vale, Linhares, ES**. 2014. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CORRIALE, María José; HERRERA, Emilio A. Patterns of habitat use and selection by the capybara (Hydrochoerus hydrochaeris): a landscape-scale analysis. **Ecological research**, v. 29, n. 2, p. 191-201, 2014.

COSTA, A. G. D. et al. Geologia de mina na Samarco mineração: um suporte ao planejamento de curto prazo/controle de qualidade, com ênfase no controle mineralógico e na previsibilidade do comportamento dos tipos de minério no processo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO, 3., 2001, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2001.

COSTA, A. T. **Geoquímica das águas e dos sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, leste – Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG)**: estudo de uma área afetada por atividade de extração mineral. 2001. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2001.

_____. **Registro histórico de contaminação de metais pesados associados à exploração aurífera na bacia do Ribeirão do Carmo**: um estudo de sedimentos de planícies de inundação e terraços aluviais. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

COSTA, D.; SILVA, A. Briófitas da Reserva Natural do Vale do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 16, p. 21-23, 2003.

COSTA, L. P. et al. Biogeography of South American forest mammals: endemism and diversity in the Atlantic forest. **Biotropica**, v. 32, p. 872-881, 2000.

COSTA, S. A. N. Áreas de proteção especial: melhor conhecê-las, para melhor defendê-las. **DireitoNet**, 2013. Disponível em: <https://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/8175/Areas-de-protecao-especial-melhor-conhece-las-para-melhor-defende-las>.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapeamento do supergrupo Rio das Velhas na região do Quadrilátero Ferrífero em escala 1:25.000**. Belo Horizonte: CPRM, 1994.

_____. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: Belo Horizonte: folha SE.23. Escala 1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2004a. (Programa Geologia do Brasil).

_____. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: Rio de Janeiro: folha SF.23 - Iguape: folha SG.23. Escala 1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2004b. (Programa Geologia do Brasil).

_____. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: Vitória: folha SF.24. Escala 1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2004c. (Programa Geologia do Brasil).

_____. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**: rio Doce: folha SE.24. Escala 1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2004d. (Programa Geologia do Brasil).

_____. **Atlas geoquímico da bacia do rio Doce**: Minas Gerais e Espírito Santo. Rio de Janeiro: CPRM, 2016.

_____. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** (SIAGAS). Disponível em: <http:\\siagasweb.cprm.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2017.

_____. **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais**. Programa Geologia do Brasil - Levantamentos da Geodiversidade. 2010. Disponível em http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm? infoid=1339&sid=9. Data de Acesso: 10/08/2017.

CRACRAFT, J. Historical biogeography and patterns of differentiation within the South American avifauna: areas of endemisms. **Ornithological Monographs**, v. 36, p. 49-84, 1985.

CULLEN JUNIOR, L. et al. Selection of habitat by the jaguar, *Panthera onca* (Carnivora: Felidae), in the upper Paraná River, Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 30, n.4, p. 379-387, 2013.

D'HORTA, F. et al. The genetic effects of late quaternary climatic changes over a tropical latitudinal gradient: diversification of an Atlantic Forest passerine. **Mol Ecol**, v. 20, p. 1932-1935, 2011.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 83-97, 2016.

DARDENNE, M. A. The Brasília Fold Belt. In: CORDANI, U. G. et al. **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: SBG, 2000. p. 231-263.

DARDENNE, M. A.; SCHOBBENHAUS, C. **Depósitos minerais no tempo geológico e épocas metalogenéticas**. In: BIZZI, L. A. et al. (Eds.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Brasília: CPRM-SGB, 2003. p. 365-447.

DASILVA, M. B.; PINTO-DA-ROCHA, P.; MORRONE, J. J. Historical relationships of areas of endemism of the Brazilian Atlantic rain forest: a cladistics biogeographic analysis of harvestman taxa (Arachnida: Opiliones). **Curr Zool**., v. 63, n. 5, p. 525-535, 2016.

DAVIDSON, A. D.; DETLING, J. K.; BROWN, J. H. Ecological roles and conservation challenges of social, burrowing, herbivorous mammals in the world's grasslands. **Frontiers in Ecology**, v, 10, p. 477-486, 2012.

DE PALMA, A. et al. Challenges with inferring how land-use affects terrestrial biodiversity: Study design, time, space and synthesis, In: BOHAN, D. et al. (Eds.). **Next generation biomonitoring part 1**. New York: Elsevier, 2018. p. 163-199.

DE PAULA, J. A. **Biodiversidade, população e economia**: uma região de Mata Atlântica. Belo Horizonte: Cedeplar/Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

DE PINHO, F. F.; FERREIRA, G. B.; BARATA, I. M. Feeding ecology and spraint deposition sites of the Neotropical otter (*Lontra longicaudis*) at Cavernas do Peruaçu National Park, Brazil. **IUCN/SCC Otter Specialist Group Bulletin**, v. 35, n. 1, p. 11-21, 2018.

DEAN, W. A. **A Ferro e Fogo: A História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira**. 1ª Ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DELPRETE, P. G. Riodocea (Rubiaceae, Gardenieae), a new genus from the Brazilian Atlantic forest. **Brittonia**, v. 51, p. 15-23, 1999.

DERHÉ, M. A. et al. Recovery of mammal diversity in tropical forests: a functional approach to measuring restoration. **Restor Ecol**, v. 26, p. 778-786, 2017.

DÍAZ, S. et al. Biodiversity regulation of ecosystem services. In: HASSAN, R.; SCHOLES, R.; ASH, N. (Eds.). **Ecosystems and human well-being**: current state and trends: findings of the condition and trends working group. Washington, D.C.: Island Press, 2005. p. 297-329.

_____. Biodiversity loss threatens human well-being. **PLoS Biol**, v. 4, n. 8, p. e277, 2006.

DORR, J. V. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. **Professional Paper, 641-A.**, p. 1-110, 1969.

DORR, J. V. N. et al. **Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: DNPM, 1959.

DORR, J. V. N.;. The Cauê Itabirito - Soc. Brasil. **Geol., Bol.,** nº2: p.61-62. 1958.

DRUMMOND, G. M. et al. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para sua conservação. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

DUBOST, G.; HENRY, O. Comparison of diets of the acouchy, agouti and paca, the three largest terrestrial rodents of French Guianan forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p.641-651, 2006.

DUROV, S. A. Natural waters and graphic representation of their composition. **Dokl. Akad. Nauk**, v. 59, p. 87-90, 1948.

ECHEVARRIA, G.; MOREL, J. L. Technosols of mining areas. In: NASCIMENTO, C. W. A. et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 9 v. p. 92-111.

EMMONS, L.H. 1990. **Neotropical Rainforest Mammals - A Field Guide**. Chicago, The University of Chicago Press, 281p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

_____. **Solos para todos**: perguntas e respostas. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018a. (E-book).

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018b. (E-book).

ENDO, I.; CARNEIRO, M. A. O regime tectônico do Neo-Arqueano no Quadrilátero Ferrífero: um modelo Transpressional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, **Anais...** Salvador: SBG, 1996. p. 414-416.

ENGEL, V. L. **Estudo fenológico de espécies arbóreas de uma floresta tropical em Linhares, ES**. 2001. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

ESTADOS UNIDOS (U.S.). Environmental Protection Agency. **National Ambient Air Quality Standards** (NAAQS). 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Acesso em: 15 jul. 2018.

EUROPA. European Parliament. Council of the European Union. Directiva 2008/50/CE do parlamento Europeu e do conselho, de 21 de Maio de 2008, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. **Jornal Oficial da União Europeia**, L 152, 11 jun. 2008. p. 1-44. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN>. Acesso em: jul. 2018.

FÁCIO, J. A. **Proposição de uma metodologia de estudo da erodibilidade dos solos do Distrito Federal**. 1991. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1991.

FACURE, K. G.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae), in a suburban area of southeastern Brazil. **Mammalia**, v. 60, p. 147-149, 1996.

FARIA, D. et al. Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 2335-2357, 2007.

FÉBOLI, W. L. Geologia/estratigrafia. In: TULLER, M. P. et al. (Eds.). **Programa geologia do Brasil**: projeto Sete Lagoas-Abaeté, MG. Belo Horizonte: CPRM, 2010. p. 85-95.

FERREGUETTI, Á. C.; TOMÁS, W. M.; BERGALLO, H. G. Density, occupancy, and detectability of lowland tapirs, *Tapirus terrestris*, in Vale Natural Reserve, southeastern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v. 98, n. 1, p. 114-123, 2017.

FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas**, v. 17, n. 3, p. 106-115, jul. 2005.

FETTER, C. W. **Applied hydrogeology**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

FIGUEROA-DE-LEÓN, A. et al. Cavity occupancy by lowland paca (*Cuniculus Paca*) in the Lacandon Rainforest, Chiapas, Mexico. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 246–263, 2016.

FLEMING, P. A. et al. Is the loss of Australian digging mammals contributing to a deterioration in ecosystem function? **Mammal Review**, v. 44, p. 94-108, 2014.

FONSECA, A M. M. C. C.; FERREIRA, C. S. M. Metodologia para determinação de um índice de erodibilidade de solos. In: Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia, 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ/CNPq/ABMS, 1981. p. 646-667.

FONSECA, G. A. B. The vanishing Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 34, p. 17-34, 1985.

FONSECA, G. M.; EVANGELISTA, H. J. Rochas ultramáficas plutônicas do greenstone belt Rio das Velhas na porção central do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Rem: Rev. Esc. Minas** [online]. v. 66, n. 1, p. 67-75, 2013.

FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; COSTA, C. M. R.; MACHADO, R. B.; LEITE, Y. L. R. **Livro vermelho dos mamíferos brasileiros ameaçados de extinção**. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte, MG. 1994. 459 p.

FORTESCUE, J. A.C. Environmental geochemistry, a holistic approach. **Ecological Studies**, v. 35, 1982.

FORZZA, R. C. et al. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2012.

FOSTER, R. J. et al. Wild meat: a shared resource amongst people and predators. **Oryx**, v. 50, p. 63-75, 2016.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. Trad. Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda e Mara Akie Iritani. **Boletim do Instituto Geológico**, n. 10, p. 92, 1993.

FRANÇA, G. S. L. A. Sismicidade do Brasil. **Boletim SBGF**, n. 96, 2016. Disponível em: <https://www.sbgf.org.br/home/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

FRANÇA, G.; STEHMANN, J. Florística e estrutura do componente arbóreo de remanescentes de Mata Atlântica do médio Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Revista Rodriguésia**, v. 64, n. 3, p. A1-A12, 2013.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J. A. Águas subterrâneas. Trad. Everton Oliveira. São Paulo: Água Sustentável, 2017.

FREITAS, A. M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural em Londrina. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1750-1754, 2009.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Análise estatística para determinação de valores de referência de qualidade do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Banco de Solos do Estado de Minas Gerais, 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM); FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC); UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV); UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA). **Determinação de valores de referência para elementos-traço em solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM/CETEC/UFV/UFLA, 2010.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Relatório mensal de atividades – março**, 2018. Belo Horizonte: Fundação Renova, 2018. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org>. Acesso em: 04 set. 2018.

GAGIC, V. et al. Functional identity and diversity of animals predict ecosystem functioning better than species-based indices. **Proc. R. Soc. B.**, v. 11, 2015.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica**: biodiversidade, ameaças e perspectivas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

GARAY, I. Uma história recente. In: GARAY, I.; RIZZINI, C. M. (Orgs.). **A floresta atlântica de Tabuleiro: diversidade funcional da cobertura arbórea**. Petrópolis: Vozes, 2003. p. 3-26.

GARCÍA-MORENO, J.; CLAY, R. P.; RÍON-MUÑOZ, C. A. The importance of bids for conservation in the Neotropical region. **Journal of Ornithology**, v. 148, n. supl. 2, p. S321-326, 2007.

GARDNER, T. A. et al. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, v. 11, p. 139-150, 2008.

GARRELS, R. M.; CHRIST, C. L. **Solutions, minerals and equilibria**. New York: Harper & Row, 1965.

GATTI, A. et al. Diet of two sympatric carnivores, Cerdocyon thous and *Procyon cancrivorus*, in a restinga area of Espírito Santo State, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p. 227-230, 2006.

_____. Medium and large-bodied mammals of the Private Reserve of Natural Heritage Recanto das Antas, in Espírito Santo, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 21, p. 171-181, 2017.

GEOCONTROLE. **Relatório de sondagens, ensaios e instrumentação**. Investigações geotécnicas, Barragem Eixo 1 - Geral. Germano Geral. Responsável pelo empreendimento: Samarco Mineração S.A. G003670-o-6RS001. Bobadela, Portugal: Geocontrole, 2017.

GIBBONS, J. W. et al. Reptiles in decline: the global decline of reptiles, déjà vu amphibians. **BioScience**, v. 50, n. 8, p. 653-666, 2000.

GILHUIS, J. P. **Levantamento da vegetação do Parque Estadual do Rio Doce**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1986. (Apostila de curso).

GOLDER ASSOCIATES. **Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da barragem de Fundão**. Relatório técnico RT-023_159-515-2282_00-J. Belo Horizonte: Golder Associates, 2016.

_____. **Programa de caracterização geoquímica de rejeitos, solos e sedimentos**. RT-015_159-515-2282_03-J. Belo Horizonte: Fundação Renova, 2017.

GONÇALVES, I. D. S. **Relação solo-vegetação em mata ciliar do rio Gualaxo do Norte, município de Mariana, Minas Gerais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.

GOVERNADOR VALADARES. Decreto nº 9.532, de 06 de junho de 2011. Cria o Parque Natural Municipal de Governador Valadares. **Diário Oficial do Município**, Governador Valadares, 2011. Disponível em: <http://www.valadares.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Decreto_9532_2011?cdLocal=5&arquivo={DE6C35AB-D05B-77DE-BBBB-A4B514D87A2A}.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2017.

_____. Institucional: Parque Natural Municipal. **Governador Valadares**, 9 fev. 2015. Disponível em: <http://www.valadares.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/parque-natural-municipal/22505>. Acesso em: 17 jul. 2017.

GRAÇANO, D.; AZEVEDO, A.; PRADO, J. Anatomia foliar das espécies de Pteridaceae do Parque Estadual do Rio Doce (PERD) – MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 333-347, set. 2001.

GRAÇANO, D.; PRADO J.; AZEVEDO A. Levantamento Preliminar de Pteridophyta do Parque Estadual do Rio Doce (MG). **Acta Botânica Brasilica**, v. 12, n. 2, p. 165-181, 1998.

GREENE, H. W. **Snakes: The Evolution and Mystery in Nature**. Los Angeles (CA): University of California Press, 1997.

GROSS, A. S. **Religion and animals**. Oxford, UK: Oxford Books Online, 2017.

GROSSI SAD, J. H. et al. **Geologia do distrito de Guanhães, Minas Gerais**. Belo Horizonte: GEOSOL, 1989. (Relatório interno para DOCEGEO).

_____. Geoquímica e origem da formação Ferrífera do Grupo Guanhães, distrito de Guanhães, MG, Brasil. In: CONG. BRAS. GEOL., 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal: SBGNE, 1990. 3 v. p. 1241-1253.

GUERRA, J. G. M. et al. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A. et al. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-25.

GUEVARA, Y. Z. C. et al. Reference Values of Soil Quality for the Rio Doce Basin. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, 2018.

GUIMARÃES, C. L.; MILANEZ, B. Mineração, impactos locais e os desafios da diversificação: revisitando Itabira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, p. 215-236, ago. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/49360/33411>. Acesso em: ago. 2018.

GUIMARÃES, E.; SILVA, M. Uma nova espécie e novos nomes em Piper seção Ottonia (Piperaceae) para o Sudeste do Brasil. **Revista Hoehnea**, v. 36, n. 3, p. 431-435, 2009.

HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F.; PRADO, C. P. A. **Anfíbios da Mata Atlântica**: guia dos anfíbios anuros da Mata Atlântica. São Paulo: Editora Neotropica, 2008.

HAWKSWORTH, D. L. Litmus tests for ecosystem helth: the potential of bioindicator in the monitoring of biodiversity. In: SWAMINATHAN, M. S.; JANA, S. (Eds.). **Biodiversity**. Implications for global food security. Madras: Macmillan Índia, 1992. 17 v. p. 184-204.

HEDENSTRÖM, A.; SPEDDING, G. Beyond robins: aerodynamic analyses of animal flight. **Journal of the Royal Society Interface**, v. 5, n. 23, p. 595–601, 2008.

HEM, J. D. Chemical equilibria and rates of manganese oxidation: chemistry of Manganese in Natural Water. **U.S. Geological Survey, Water Supply Papers 1667A**, Washington, DC, 1963.

_____. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 2. ed. U.S. **Geological Survey, Water Supply Papers 1473**, Washington, DC, 1986.

HENSLER, A. S. **Chemical evolution and hidrotermal processes during the genesis of itabirite-hosted, high grade iron ore in the Quadrilátero Ferrífero, Brazil**. 2013. Tese (Doutorado) – Centre for Exploration Targeting, School of Erth and Environment, University of Western Australia, 2013.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 167-172, 2004.

HERRERA, E. A.; MACDONALD, D. W. Resource utilization and territoriality in group-living capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). **Journal of Animal Ecology**, v. 58, p. 667–679, 1989.

HERRERA, E. A.; MACDONALD, D. W. Aggression, dominance, and mating success among capybara males (Hydrochaeris hydrochaeris). **Behavioral Ecology**, v. 4, n. 2, p. 114-119, 1993.

HERZ, N. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **USGS/DNPM. Professional Paper 641-B**, 1970.

_____. Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Professional Paper, 641-C.**, 1978.

HIAL FILHO N. M. **Análise geoquímica de formações ferríferas bandadas na região centro-nordeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2013.

HIRSCH, A. et al. *Callithrix geoffroyi* (primates: callitrichidae) and *alouatta caraya* (primates: atelidae) in the Serra do Cipó National Park, Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Primates**, v. 11, n. 2, p. 86-89, 2003.

HOFFMEISTER, C. H.; FERRARI, A. Areas of endemism of arthropods in the Atlantic Forest (Brazil): an approach based on a metaconsensus criterion using endemicity analysis. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 119, 126-144, 2016.

INDERBITZEN, A. L. An erosion test for soils. **Materials Research & Standards**, v. 1, n.7, p. 553-554. July, 1961.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Relatório da qualidade do ar na região metropolitana de Curitiba, ano de 2014**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2015. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). **Plano de manejo da Reserva Biológica de SOORETAMA**. Brasília: IBDF, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/lei11428_mata_atlantica.pdf>. Acesso em: 01 set. 2015.

_____. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

_____. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico: inventários das formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

_____. **Mapeamento de recurso naturais do Brasil, escala 1:250.000, geologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geologia/levantamento_geologico/ vetores/>. Acesso em: 06 ago. 2018.

_____. **Divisão político-administrativa estadual do Brasil, de acordo com a estrutura político-administrativa vigente em 01/07/2015, data de referência das Estimativas Populacionais de 2015.** IBGE, 2015. Disponível em < ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2015/Brasil/BR/>. Acesso em jun/2017.

_____. **Mapa de vegetação do Brasil**, escala 1:5.000.000 – Instituto Socioambiental/Fundação SOS Mata Atlântica. 1993.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de manejo da Floresta Nacional de Goytacazes, Espírito Santo**. Volume I – Diagnóstico. Brasília, DF: ICMBio, 2013.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1° Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. Brasília, DF: mmA, 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Diagnostico_Rede_de_Monitoramento_da_Qualidade_do_Ar.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA DA FLORESTA ATLÂNTICA (IPEMA). **Contribuição ao processo de criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável da Foz do Rio Doce**. Vitória: IPEMA, 2009.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Conselho Consultivo Parque Estadual Sete Salões**. Belo Horizonte: IEF, 2013. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/conselhoconsultivo/divulgacao-conselho-saloes.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2017.

_____. **APA SUL RMBH**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/fiscalizacao> Acesso em: 31 ago. 2017a.

_____. **Banco de dados de unidades de conservação estaduais**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/banco-de-dados-de-unidades-de-conservacaoestaduais>. Acesso em: 20 jul. 2017b.

_____. **Parque Estadual do Rio Doce**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>. Acesso em: 17 jul. 2017c.

_____. **Parque Estadual Sete Salões**. Disponível em:<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/214>. Acesso em: 20 jul. 2017d.

_____. **IEF realiza consulta pública sobre criação do Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/1337-ief-realiza-consulta-publica-sobre-criacao-do-monumento-natural-estadual-pico-do-ibituruna->. Acesso em: 20 jul. 2017e.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA). **Plataforma i3Geo**. Disponível em: <http://189.84.218.229/aplicmap/geral.htm?f95ae2377f800fa1c9943f41f3f5d9d7>. Acesso em: 22 jun. 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Parecer técnico**: processo 3524/2008. Belo Horizonte: IGAM, 2008. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/cerh/ctig/3524-2008-parecer-tecnico.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2017.

INSTITUTO PRÍSTINO. **Atlas Digital Geoambiental**. Sistema WebGis de livre acesso ao banco de dados ambiental. Instituto Prístino, 2017a. Disponível em: http://institutopristino.org.br/atlas/. Acesso em: 01 ago. 2017.

_____. **Reserva da Biosfera Serra do Espinhaço**. Instituto Prístino, 2017b. Disponível em: <http://www.institutopristino.org.br/atlas/espinhaco/baixe-os-arquivos-shp-e-kml/>. Acesso em: 18 jul. 2017.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). **Serra do Gandarela**. Disponível em: <https://www.uc.socioambiental.org/node/602416>. Acesso em: 20 jul. 2017.

INSTITUTO TERRA. **O que fazemos**: restauração ecossistêmica. RPPN Fazenda Bulcão. Instituo Terra, 2013. Disponível em: <http://www.institutoterra.org/pt_br/conteudosLinks.php?id=23&tl=TyBxdWUgZmF6ZW1vcw==&sb=MTI=#.WXinBtQwjGh>. Acesso em: 26 jul. 2017.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGISTS (IAEG). **Rock and soil description and classification for engineering geological**. Mapping: Report by IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. **Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.**, v. 24, p. 235-274, 1981.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS (ISRM). **Rock characterization testing and monitoring**. New York: Oxford, 1981.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **The IUCN red list of threatened species**. Version 2018-1. IUCN, 2018. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 7 ago. 2018.

JANUZZI, A.; AIKMIM, F. F. **Geologia estrutural da mina de Alegria (SAMITRI), município de Mariana (MG**). Unpubl. Int. Rep. Mariana: SAMITRI, 1989.

JARDIM, W. F. A evolução da atmosfera terrestre. **Cadernos temáticos de química nova na escola**, Edição especial, maio 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/evolucao.pdf?agreq=atmosfera&agrep=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq>. Acesso em: 15 ago. 2018.

JORDT-EVANGELISTA, H. **Petrologische untersuchungen im Gebiete zwischen Mariana und Ponte Nova, Minas Gerais, Brasilien**. 1984. Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Clausthal, Clausthal, 1984.

_____. Petrologia de fases, geotermometria e geobarometria do Complexo Granulítico de Acaiaca, Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3., 1985, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1985. p. 165-178.

JORDT-EVANGELISTA, H.; MULLER, G. Petrologia da zona de transição entre o cráton do São Francisco e o Cinturão Móvel Costeiro na região Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1986a. p. 1471-1479.

JORDT-EVANGELISTA, H.; MULLER, G. Petrology of a transition zone between the Archean Craton and the Coast Belt, SE of the Iron Quadrangle, Brazil. **Chemie der Erde**, v. 45, p. 129-145, 1986b.

JUNCÁ F. A. et al. **Girinos como bioindicadores da qualidade da água do Rio Doce**. Relatório final. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/hubfs/Campanhas/Agua_Para_Quem/documentos/GP_girinosbioindicadoresRioDoce.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo**. Parte I- Conceitos básicos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 334-371.

KEESEN, F.; NUNES, A. V.; SCOSS, L. M. Updated list of mammals of Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 38, n. 2, p. 139-162, 2016.

KOLLMANN, L. J. C. Begonia ruschii L. Kollmann (Begoniaceae), uma nova espécie da Floresta Atlântica do Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão** (Nova Série), v. 15, p. 29-33, 2003.

KOLLMANN, L. J. C.; FONTANA, A. P. Acianthera fornograndensis L. Kollmann & A.P. Fontana (Orchidaceae) uma nova espécie da Floresta Atlântica do Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão** (Nova Série), v. 20, p. 27-23, 2006.

KONISHI, M.; EMLEN, S. T.; RICKLEFS, R. E. Contributions of bird studies to biology. **Science**, v. 246, p. 465-472, 1989.

KORINE, C. et al. Bats and water: anthropogenic alterations threaten global bat populations. In: KINGSTON, T.; VOIGT, C. (Orgs.). **Bats in the Anthropocene**: conservation of bats in a changing world. Cham, Suíça: Springer International, 2015. p. 215-233.

KOSTUCH, L. Do animals have a homeland? Ancient Greeks on the cultural identity of animals, **Humanimalia: A Journal of Human/Animal Interface Studies**, v. 9, n. 1, p. s. 133-151, 2017.

LACERDA, T. et al. Fitossociologia de um fragmento de floresta estacional semidecidual limítrofe ao Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 10., 2011, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço, 2011.

LACTEC. **Relatório de Linha de Base**. Curitiba: Lactec, 2018.

LADEIRA, E. A. **Metallogenesis of Gold at the Morro Velho Mine, and in Nova lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1980. Tese (Doutorado) – University of Western Ontário, Ontário, 1980.

LADEIRA, E. A.; ROESER, H. M. P. Petrography of the Rio das Velhas Greenstone Belt, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Stuttgart: Zentralblatt Geologie Palaeontologie**, v. 3/4, p. 430-450, 1983.

LAGOEIRO, L. E. Tranformation of magnetite to hematite and its influence on the dissolution of iron oxide minerals, **Journal of Metamorphic Geology**, v. 16, p. 415-423, 1998.

LANA, C. et al. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. **Precambrian Research**, v. 231, p. 157-173, 2013.

LANA, Z. A atividade mineradora em Minas Gerais e em Ouro preto: impactos socioambientais e intervenções para a sustentabilidade. **Sociedade e Território**, v. 27, n. 3, p. 45-59, 28 dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/7334>. Acesso em: 15 ago. 2018.

LANDAU, E. C.; FONSECA, G. A. B. **Análise da distribuição espacial de fragmentos florestais no vale do Rio Doce**, Minas Gerais, e consequências para a conservação da biodiversidade. 1997.

LARA-RUIZ, P.; CHIARELLO, A. G.; SANTOS, F. R. Extreme population divergence and conservation implications for the rare endangered Atlantic Forest sloth, *Bradypus torquatus* (Pilosa: Bradypodidae). **Biological Conservation**, v. 141, p. 1332-1342, 2008.

LEITE, P.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil**: região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. 2 v. p. 113-150.

LEITÃO, R. P., ZUANON, J., VILLÉGER, S., WILLIAMS, S. E., BARALOTO, C., FORTUNEL, C., … MOUILLOT, D. (2016). Rare species contribute disproportionately to the functional structure of species assemblages. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 283(1828), 20160084. http://doi.org/10.1098/rspb.2016.0084

LEMES, A. **Relações florísticas, fitossociológicas e aspectos edáfitos de comunidades de campos rupestres da Serra do Itacolomi e Serra do Ouro Branco, Minas Gerais**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

LEMOS, C. F. **Avaliação da erosão superficial em áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional, utilizando o aparelho de Inderbitzen**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LEWINSOHN, T. M.; FREITAS, A. V. L.; PRADO, P. I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 62-69, 2015.

LIMA, A. M.; MARIANO, Z. F. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semideciduais na área da bacia da usina hidrelétrica de Caçu-GO. **Revista do departamento de Geografia** – USP, v. 27, p. 67-87, 2014.

LIMA, J. S. O biomonitoramento como ferramenta complementar na avaliação de impactos ambientais: discutindo conceitos. **Techoje**, 2000. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/174>. Acesso em: 10 maio 2017.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. Formação do Solo. In: LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. (Eds.). **O solo no meio ambiente, abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio**. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 1-10.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs.). **Matas ciliares, conservação e recuperação**. São Paulo: FAPESP, 2009.

LINO, C. F. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**. Plano de Ação. Volume 1. Consórcio Mata Atlântica. UNICAMP, Campinas. 101 p. 1992.

LLOYD, J. W.; HEATHCOTE, J. A. **Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An introduction**. Oxford: Clarendon Press, 1985.

LOBATO, L. M. et al. **Projeto geologia do Quadrilátero Ferrífero**: integração e correção cartográfica em SIG com nota explicativa. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.

LOMBARDI, J.; GONÇALVES M. Composição florística de dois remanescentes de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 3, p. 255-282, set. 2000.

LONGMAN, K.A & JENIK. Tropical Forest its environment. **Tropical Ecology Series**. London. 196p. 1984.

LOPES, W. et al. Estrutura Fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual Rio Doce – Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 16, n. 4, p. 443-456, 2002.

LOYOLA, R. et al. Áreas prioritárias para conservação e uso sustentável da flora brasileira ameaçada de extinção. 2014. Disponível em: <http://dspace.jbrj.gov.br/jspui/handle/doc/28>. Acesso em: 15 ago. 2017.

LUILO, G.B.; OTHMAN, O.C.; MRUTU, A. Arsenic: A toxic trace element of public health concern in urban roadside soils in Dares Salaam City. **Journal of Materials and Environmental Science**, v. 56, p. 1742-1749, 2014.

LYONS, K. G. et al. Rare species and ecosystem functioning. **Conservation Biology**, v. 19, 1019-1024, 2005.

MABESOONE, J. M. Sedimentologia da faixa costeira Recife-João Pessoa. In: BOLETIM DA SOCIEDADE, MINAS GERAIS, 3., 1985, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, 1985. p. 165-178.

MACAMBIRA, J. B; SCHRANK, A. Quimio-Estatigrafia e evolução dos jaspilitos da Formação Carajás (PA). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, p. 567-578, 2002.

MACDONALD, D. W. Dwindling resources and the social behaviour of capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), (Mammalia). **Journal of Zoology**, v. 194, p. 371-391, 1981.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Eds.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília: mmA, 2008. (Biodiversidade 19).

MACHADO, I. C.; LOPES, A. V. Floral traits and pollination systems in the caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **Annals of Botany,** v. 94, p. 365-376, 2004.

MACHADO, N. et al. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. **Geological Society of America Bulletin**, v. 104, p. 1221-1227, 1992.

_____. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilitero Ferrifero, Southeast Brazil. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 141, p. 259-276, 1996.

MACHADO, R. B. **Padrão de fragmentação da Mata Atlântica em três municípios da bacia do Rio Doce (Minas Gerais) e suas consequências para a avifauna**. 1995. Dissertação (Mestrado) –Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

MACHIN, A. B.; NASCIMENTO, L. F. C. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 3, 2018.

MAGALHÃES, L. C.; JUNIOR, H. A. N.; COUTRIM, A. C. L. M. X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em Ouro Preto, Minas Gerais. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 519-523, 2010.

MAGNAGO, L. Forest fragmentation on tree communities, functional diversity and carbon storage in a brazilian atlantic rain forest. 2013. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MALDONADO-COELHO, M. Climatic oscillations shape the phylogeographical structure of Atlantic Forest fire-eye antbirds (Aves: Thamnophilidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 105, p. 900-924, 2012.

MANTOVANI, K. C. C.; NASCIMENTO, L. F. C.; MOREIRA, D. S.; VIEIRA, L. C. P. F. S.; VARGAS, N. P. Poluentes do ar e internações devido a doenças cardiovasculares em São José do Rio Preto, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 2, p. 50-515, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232016000200509&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: ago 2018.

MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. Insight Review Articles. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243-253, 2000.

MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F.) Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. **Tectonics**, v., 8, n. 3, p. 555-571. 1989.

MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F.; JORDT-EVANGELISTA, H. Proterozoic crustal extension and generation of dome and keel structure in the Archean granite – greenstone terrane. **Nature**, v. 357, p. 491-493, 1992.

MARTIN, L. et al. Coastal Quaternary Formations of the Southern Part of the State of Espírito Santo (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 3, p. 389-404, 1996.

MARTIN, L.; SUGUIU, K.; FLEXOR, J. M. As flutuações do nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de deltas brasileiros. **Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo**, n. 15, p. 186, 1993.

MARTINS, F. M. Historical biogeography of the Brazilian Atlantic forest and the Carnaval–Moritz model of Pleistocene refugia: what do phylogeographical studies tell us? **Biol. J. Linn. Soc. Lond**, v. 104, p. 499-509, 2011.

MARTINS, W. P.; LYNCH ALFARO, J.; RYLANDS, A. B. Reduced range of the endangered crested capuchin monkey (Sapajus robustus) and a possible hybrid zone with *Sapajus nigritus*. **American Journal of Primatology**, p. e22696, 2017.

MASON, B. H. **Princípios de Geoquímica**. São Paulo: Ed. Polígono S.A., 1971.

MDGEO. **Estudo hidrogeológico**: mapa potenciométrico da região de Linhares/ES. Proj. MDGEO - contrato Fund. RENOVA nº 4500170624, nov. 2016.

MEDICI, E. P. **Assessing the viability of lowland tapir populations in a fragmented landscape**. 2010. Tese (Doutorado) – Kent University, London, United Kingdom, 2010.

_____. Family Tapiridae (tapirs). In: WILSON, D.; MITTERMEIER, R. (Orgs). **Handbook of the mammals of the world, volume 2: hoofed mammals first**. Barcelona: Lynx Editions, 2011. p. 24-56.

MEDICI, E.P.; FLESHER, K.; BEISEGEL, B.M.; KEUROGHLIAN, A.; DESBIEZ, A.L.G.; GATTI, A.; PONTES, A.R.M.; CAMPOS, C.B.; TÓFOLI, C.F.; JUNIOR, E.A.M.; AZEVEDO, F.C.; PINHO, G.M.; CORDEIRO, J.L.P.; JÚNIOR, T.S.S.; MORAES, A.A.; MANGINI, P.R.; RODRIGUES, L.F. & ALMEIDA, L.B. 2012. Avaliação do Risco de Extinção da Anta Brasileira Tapirus terrestris (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira** 2(3): 103-116.

MEIRA-NETO, J. A. A. et al. Estrutura de uma floresta estacional semidecidual submontana em área de influência da Usina Hidrelétrica de Pilar, Ponte Nova, Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, p. 337-344, 1997.

MEIS, M. R. M. As unidades morfoestratigráficas neoquaternárias do médio vale do Rio Doce. **Anais** Acad. Bras. Ciências 49:443-459. 1977.

MELLO, J. W. V.; PEREZ, D. V. Equilíbrio químico das reações no solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo**. Parte I- Conceitos básicos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 151-250.

MELLO-LEITÃO, C. de. **Zoogeografia do Brasil**. 3. ed. Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1980. (Coleção Mossoroense, vol. CXI).

MELO, V. F. et al. Relationship between heavy metals and minerals extracted from soil clay by standard and novel acid extraction procedures. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, p. 668, 2016.

MELO, V. F.; LIMA, V. C. Composição do solo, crescimento de plantas e poluição ambiental. In: LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. (Eds.). **O solo no meio ambiente, abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio**. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 27-48.

MENDES, L. A. **Avaliação da exposição da população de passagem de Mariana (MG) aos elementos-traço, com ênfase ao arsênio**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

MÉNDEZ, L.; ALVAREZ-CASTAÑEDA, S. T. Comparative Analysis of Heavy Metals in Two Species of Ichthyophagous Bats *Myotis vivesi* and *Noctilio leporinus*. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 65, n. 1, p. 51-54, 2000.

MENEZES, N. A. Methods for assessing freshwater fish diversity. In: MENEZES, N.A., BICUDO, C. E. M. (eds.). **Biodiversity in Brazil: a first approach**. CNPq, São Paulo, p. 289-295. 1996.

MESTRINHO, S. S. P. Fundamentos da classificação da qualidade das águas subterrâneas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17., 2012, Bonito. **Anais...** Bonito: ABAS, 2012.

MIHOUB J-B, H. K. et al. Setting temporal baselines for biodiversity: the limits of available monitoring data for capturing the full impact of anthropogenic pressures. **Sci Rep**., v.7, n. 41, p. 591, 2017.

MILLER JR., G.T. **Ciência Ambiental**. 11. ed. Tradução: All Tasks. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MINAS GERAIS. Lei nº 1.119, de 14 de julho de 1944. Dispõe sobre parques florestais. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 1944. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/riodoce/decreto1119.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2017.

_____. Decreto nº 21.224, de 25 de fevereiro de 1981. Define como de proteção especial, para preservação do patrimônio cultural, histórico e paisagístico, a área dos Municípios de Ouro Preto e Mariana. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 26 fev. 1981. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=21224 &comp=&ano=1981>. Acesso em: 26 jul. 2017.

_____. Decreto nº 35.624, de 08 de junho de 1994. Declara como Área De Proteção Ambiental a região situada nos Municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Ibirité, Itabirito, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Santa Bárbara, e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 9 jun. 1994. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1383>. Acesso em: 31 ago. 2017.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Deliberação Normativa nº 147, de 30 de abril de 2010. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna do Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 4 maio 2010.

_____. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). Deliberação Normativa nº 166, de 29 de junho de 2011. Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 26 jul. 2011.

_____. Decreto Nº 39.908, de 22 de setembro de 1998. Decreta a criação do Parque Estadual de Sete Salões, na região do médio Rio Doce do Estado. Minas Gerais, 1998. Disponível em:http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1557

_____. Lei Estadual Nº 21.158, de 17 de janeiro de 2014. Estabelece os limites do Monumento Natural Estadual Pico Do Ibituruna, no município de Governador Valadares, e dá outras providências. Minas Gerais, 2014. Disponível em: http://leisestaduais.com.br/mg/lei-ordinaria-n-21158-2014-minas-gerais-estabelece-os-limites-do-monumento-natural-estadual-pico-do-ibituruna-no-municipio-de-governador-valadares-e-da-outras-providencias

_____. **Lei Estadual nº 13.960, de 26 de julho de 2001**. Declara como área de proteção ambiental a região situada nos Municípios de Barão de Cocais, Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Catas Altas, Ibirité, Itabirito, Mário Campos, Nova Lima, Raposos, Rio Acima, Santa Bárbara e Sarzedo e dá outras providências. Belo Horizonte, 26 jul. 2001. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/ completa.html?tipo=LEI&num=13960&ano=2001>.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (MPMG). Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico Patrimônio Histórico Cultural. **Patrimônio Histórico Cultural**, jun. 2017. Disponível em: <http://patrimoniocultural.blog.br/wp-content/uploads/2017/03/Patrimonio-historico-cultural-e-arqueologico-atingidos-diretamente-pelo-rejeito-da-Barragem-Fundao_Comarca-de-Mariana.png>. Acesso em: 2 jun. 2017.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL (MPF). **Procuradoria da República nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo – força tarefa do rio Doce**. jul. 2018. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/denuncia-samarco>. Acesso em: 15 jul. 2018.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots revisited**: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington, D.C.: CEMEX, 2004.

MONCADA, M. P. H. **Estudo em laboratório de características de colapso e transporte de solutos associados à infiltração de licor cáustico em um solo laterítico.** Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil. 2004.

MONROY-VILCHIS, O. et al. Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. **Animal Biology**, v. 59, p. 145–157, 2009.

MORRONE, J. J. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. **Zootaxa**, v. 3782, p. 1-110, 2014.

MORTATTI, J.; PROBST, J. L. **Hidrogeoquímica de bacias de drenagem**. Piracicaba: CENA, 1998. (Série Didática, 1.)

MOSTATEPARKS. **Groundwater under the direct influence of surface water waterworks distribution**. Disponível em: <https://mostateparks.com/sites/mostateparks/files/karst.jpg>. Acesso em: 01 set. 2018.

MOTA, A.C . V.; BARCELLOS, M. **Funções do solo no meio ambiente**. In: LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. (Eds.). O solo no meio ambiente, abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 99-110.

MOURÃO, M. A. A. **Caracterização hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG**. 2007. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MÜLLER, P. **The dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical Realm**. The Hague: Dr. W. Junk B.V., 1973.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell soil color chats**. Baltimore, Maryland: Munsell Color, Macbeth Division of Kollmorgen Coporation, 1950. (revised 1975).

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NAVEDA, A. et al. *Tapirus terrestris*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T21474A9285933.en>. Acesso em: 04 set. 2018.

NEVES, M. A.; PEREIRA, S. Y.; MORALES, N. Comportamento do aquífero fissural na microbacia do córrego Cachoeira, município de Vinhedo (SP). In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABAS, 2002.

NICHOLS, E. et al. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biol. Conserv.**, v. 141, p. 1461-1474, 2008.

NOCE, C. M. **Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

NOCE, C. M. et al. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from southern São Francisco Craton, NE Brazil, and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny. **J. S. Am. Earth Sci.**, v. 13, p. 225-239, 2000.

NOCE, C. M.; MACHADO, N.; TEIXEIRA, W. U-Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. **Rev. Bras. Geoc.**, v. 28, p. 95-102, 1998.

NOGUEIRA, M. R.; POL, A.; PERACCHI, A. L. Use of water holes by Stenodermatinae bats in Western Amazonian Brazil. **Bat Res. News**, v. 39, n. 95, p. 86, 1998.

NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. S. Grupo Barreiras: características gênese e evidências de neotectonismo. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Solos, n. 194, 2011.

NUNES, S. et al. Mimosoideae (Leguminosae) arbóreas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil: distribuição geográfica e similaridade florística na floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Rodriguésia**, v. 28, n. 2, p. 403-421, 2007.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **GSA Bulletin**, v. 87, p. 1463-1469, 1976.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

OLIVEIRA, N. V.; ENDO, I.; OLIVEIRA, L. G. S. Geometria do Sinclinal Gandarela baseada na deconvolução Euler 2D e 3D: quadrilátero ferrífero (MG). **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 221-232, 2005.

OLIVEIRA, U.; BRESCOVIT, A. D.; SANTOS, A. J. Delimiting areas of endemism through Kernel interpolation. **PLoS ONE**, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2015.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Análise florística do compartimento arbóreo de áreas de Floresta Atlântica sensu lato na região das Bacias do Leste (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 185-235, 2005.

ORTEGA, V. R.; ENGEL, V. L. Conservação da biodiversidade em remanescentes de Mata Atlântica na região de Botucatu, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 839-852, 1992.

OURO PRETO. **Lei nº 695, de 12 de setembro de 2011.** Dispõe sobre a criação da Unidade de Proteção Integral, a área da Gruta Nossa Senhora da Lapa, e dá outras providências. Ouro Preto, Minas Gerais. 2011. Disponível em: <http://www.sistemasigla.org/arquivos/sismat/documento_acessorio/3751.pdf>.

PACHECO, A. A. **Avaliação da contaminação em solos e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Doce por metais pesados e sua relação com o fundo geoquímico natural**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

PADIAL, André Andrian et al. Predicting patterns of beta diversity in terrestrial vertebrates using physiographic classifications in the brazilian Cerrado. **Natureza & Conservação**, v. 8, p. 127-132, 2010.

PAGANO, S. N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Org) **Matas ciliares, conservação e recuperação**. São Paulo, FAPESP, 2009.

PAGLIA, A. P. et al. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. **Occasional Papers in Conversation Biology**, Arlington, VA, n. 6, 2012.

PARALTA, E. A.; FRANCES, A. P.; RIBEIRO, L. F. Avaliação da vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e análise crítica das redes de monitorização no contexto da directiva Quadro da Água. 7a SILUSBA. **Évora.** 16 p. 2005.

PASSAMANI, M.; MENDES, S. L. **Espécies da fauna ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo**. Vitória: Instituto de Pesquisas da Mata Altântica, 2007.

PATTROL. **Ensaios de laboratório**. PAT-RT-LAB-1893.18-0001. Belo Horizonte: Fundação Renova, 2017.

PEDÓ, E. et al. Diet of crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Linnaeus) (Carnivora, Canidae), in a suburban area of southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 637-641, 2006.

PEIXOTO, A. L. et al. Tabuleiro forests north of the rio Doce: their representation in the Vale do Rio Doce Natural Reserve, Espírito Santo, Brazil. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 100, p. 319-350, 2008.

PEIXOTO, A.; ROSA, M.; JOELS, L. Diagramas de perfil e de cobertura de um trecho de floresta de tabuleiro na floresta de Linhares (Espírito Santo, Brasil). **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 9, n. 2, p. 177-193, 1995.

PELLANDA, M. et al. Dieta do mão-pelada (*Procyon cancrivorus*, Procyonidae, Carnivora) no Parque Estadual de Itapuã, sul do Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 5, n. 3, p. 154-159, 2010.

PELLEGRINO, K. C. M. et al. Phylogeography and species limits in the Gymnodactylus darwinii complex (Gekkonidae, Squamata): genetic structure coincides with river systems in the Brazilian Atlantic forest. **Biol. J. Linn. Soc**., v. 85, p. 13-26, 2005.

PEREIRA, J. L. G.; FORTES, J. D. N.; MARTINS, E. M. Poluição do ar por material particulado em área intraurbana no Rio de Janeiro: aspectos metodológicos. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 3, p. 53-67, 2015.

PERES, G. G. **O Grupo Dom Silvério na região leste de Minas Gerais**: arcabouço estrutural e evolução tectônica. 2000. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2000.

PÉREZ, E. M. Agouti paca. **Mammalian Species**, v. 404, p. 1-7, 1992.

PEZZOPANE, J. E. M. et al. Balanço de radiação no interior de uma floresta estacional semidecidual secundária no domínio da Mata Atlântica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000.

_____. Temperatura do solo no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2002.

PIACENTINI, V. Q. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, n. 2, p. 91-298, 2005.

PIANKA, E. R.; VITT, L. J. **Lizards**: windows to the evolution of diversity. Berkeley: University of California Press, 2003.

PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. **Soils and environmental quality**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000.

PIMENTEL, M. M. et al. Nd isotopes and the provenance of detrital sediments of the Neoproterozoic Braília Belt, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, n. 6, p. 571-585, 2001.

PINTO, C. P.; DRUMOND, J. B. V.; FÉBOLI, W. L. **Projeto Leste**. Belo Horizonte: CPRM; CODEMIG, Mapas, 2001.

PIPER, A. M. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. **American Geophysical Union Transactions**, v. 25, n. 6, p. 914-928, 1944.

PIRES, A. P. F. et al. Forest restoration can increase the rio Doce watershed resilience. **Perspect. Ecol. Conserv.**, v. 15, n. 3, p. 187-193.

PIRES, F. R. M. Textural and mineralogical variations during metamorphism of the Proterozoic Itabira Iron Formation in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **An. Acad. Brasileira de Ciências**, v. 67, n. 1, p. 77-105, 1995.

POLINOV, B. B. **The cycle of weathering**. Trad. A. Muir. London: Murby, 1937.

POLISAR, J. et al. Jaguars, pumas, their prey base and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. **Biological Conservation**, v. 109, n. 2, p. 297-310, 2003.

PolizeL, S. P. **Caracterização morfológica do Delta do rio Doce (ES) com base em Sensoriamento Remoto**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. **Inselbergs**. Biotic diversity of isolated rock outcrops in tropical and temperate regions. Berlim: Springer-Verlag, 2000.

POUGH, F. H. et al. 2001. **Herpetology**. New York: Prentice-Hall, 2001.

PRADO, R. B. et al. Current overview and potential application of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, 2016.

QUEIROGA, G. N. et al. **Geologia e recursos minerais da folha Nova Venécia SE.24-Y-B-IV**: escala 1:100.000: estado do Espírito Santo. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

QUIGLEY, H. et al. *Panthera onca*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2017. (errata version published in 2018).

QUINTANA, R. D.; MONGE, S.; MALVÁREZ, A. I. Feeding habits of capybara (*Hydrochaerus hydrochaeris*) in afforestation areas of the Lower Delta of the Paraná River, Argentina. **Mammalia**, v. 58, n. 4, p. 569-580, 1994.

QUINTELA, F. M.; IOB, G.; ARTIOLI, L. G. S. Diet of *Procyon cancrivorus* (Carnivora, Procyonidae) in restinga and estuarine environments of southern Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 104, n. 2, p. 143-149, 2014.

RADAM BRASIL. **Projeto Levantamento de recursos naturais**: geomorfologia. Folha SE.24 Rio Doce, 1987.

RANKAMA, K.; SAHAMA, G. **Geoquímica**. Espanha: Editora Aguilar Málaga, 1962.

RAPINI, A. et al. Introdução. In: GIULIETTI, A. M. et al. (Org.). **Plantas raras do Brasil**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2009. p. 23-35.

REDE SISMOGRÁFICA BRASILEIRA (RSBR). **Catálogo/boletim sísmico brasileiro versão v2014.06**. Disponível em: <http://www.rsbr.gov.br/catalogo_sb.html>. Acesso em: 1 ago 2017.

REIS, N. R. et al. **Mamíferos do Brasil**. 2 ed. Londrina: Nelio R. dos Reis, 2011.

RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA (RBMA). O Programa MaB e as Reservas da Biosfera. **RBMA**, 2017a. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/mab/unesco_01_oprograma.asp>. Acesso em: 8 ago. 2017.

_____. **Revisão e atualização dos limites e zoneamento da reserva da biosfera da Mata Atlântica em base cartográfica digitalizada**: fase VI. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2009.

_____. Texto síntese. **RBMA**, 2017b. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/rbma/rbma_1_textosintese.asp>. Acesso em: 8 ago. 2017.

RHEINGANTZ, M. L. et al. Seasonal and spatial differences in feeding habitats of the Neotropical Otter *Lontra longicaudis* (Carnivora: Mustelidae) in a coastal catchment of southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 1, p. 37-44, 2011.

RIBEIRO, R. K. **Mineralogia, geoquímica e gênese das ocorrências auríferas no flanco norte do anticlinal de Mariana, Quadrilátero Ferrífero**: uma nova tipologia de minério denominada bugre. 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

RIZZINI, C. M. et al. Floresta pluvial de tabuleiro, Linhares, ES, Brasil, sistemas primários e secundários. **Leandra**, v. 12, p. 54-76, 1997.

ROCHA, J. M. P. **Caracterização dos minérios goethíticos-limoníticos da mina de Alegria, MG**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

ROCHA, J. M. P.; BRANDÃO, P. R. G.; CHISTE, J. P. Origem da goethita fibrosa dos itabiritos anfibolíticos das minas de Alegria – Samarco Mineração S.A. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MINÉRIO DE FERRO, 10., 2009, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2009. p. 1-12.

ROCHA, M. P. et al. Intensificação do monitoramento sísmológico nas regiões centro-oeste e norte do país pela implantação da rede sismográfica brasileira (RSBR). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUTOS TECTÔNICOS, 15., 2015, Vitória. **Anais...** Vitória, 2015.

ROCHA, V. J. et al. Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), in a mosaic area with native and exotic vegetation in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 4, p. 594-600, 2008.

RODRIGUES, A. S. L.; NALINI JR, H. A. Valores de *background* geoquímico e suas implicações em estudos ambientais. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 62, n. 2, p. 155-165, 2009.

RODRIGUES, C. G. et al. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, p. 489-509, 2015.

RODRIGUES, M. T. et al. Molecular phylogeny, species limits, and biogeography of the Brazilian endemic lizard genus Enyalius (Squamata: Leiosauridae): an example of the historical relationship between Atlantic Forests and Amazonia. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 81, p. 137-146, 2014.

RODRIGUES, T.; SIMONELLI, M. A família Orchidaceae em uma Floresta de Restinga, Linhares-ES: Ecologia e Conservação. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 468-470, jul. 2007.

ROEMER, G. W.; GOMPPER, M. E.; VALKENBURGH, B. V. The ecological role of the mammalian mesocarnivore. **BioScience**, v. 59, n. 2, p. 165-173, 2009.

ROESER, U. et al. Petrogênese dos esteatitos do sudeste do Quadrilátero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1978, Florianópolis. **Anais...** SBG, v. 4, 1980. p. 2340-2345.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. O quadrilátero ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. **Geonomos,** v.18, n.1, pp. 33-37. 2010.

ROLIM, S. et al. Composição florística do estrato arbóreo da Floresta Estacional Semidecidual na planície aluvial do rio Doce, Linhares, ES, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 20, n. 3, p. 549-561, 2006.

ROLIM, S. G.; CHIARELLO, A. G. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, n. 14, p. 2679-2694, 2004.

ROSIÈRE, C. A. et al. Um modelo para evolução microestrutural dos minérios de fero do Quadrilátero Ferrífero. Parte II – trama, textura e anisotropia de susceptibilidade magnética. **Revista Geonômos**, v. 4, n. 1, p. 61-75, 1996.

_____. A estrutura do sinclinório de Itabira e a tectônica transcorrente do NE do Quadrilátero Ferrífero. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 6., 1997, Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis, 1997. p. 225-226.

_____. Microstructures, textures and deformation mechanisms in hematite. **Journal of Structural Geology**, v. 23, n. 9, p. 1429-1440, 2001.

ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE JR., F. Textural and structural aspects of iron ores from Iron Quadrangle, Brazil. In: PAGEL, M.; LEROY, J. L. (Ed.). **Source, transport and deposition of metals**. Amsterdam: Balkema, 1991. p. 485-488.

ROSSI, D. Q. **Estratigrafia e arcabouço estrutural da região de Fábrica Nova, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

RUSCHI, A. Fitogeografia do estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 1, p. 1-353, 1950. (Série Botânica).

_____. Ecologia e qualidade do ambiente no estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 46, p. 1-56, 1972. (Série Proteção à Natureza).

SAITER, F. Z. et al. Floristic units and their predictors unveiled in part of the Atlantic Forest hotspot: implications for conservation planning. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 4, p. 2031-2046, 2015.

SAND, G. Sismicidade do Brasil. **Boletim SBGf**, n. 96, 2016. Disponível em: <https://www.sbgf.org.br/home/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

SANT'ANNA, L. G. **Mineralogia das argilas e evolução geológica da bacia Fonseca, Minas Gerais**. 1994. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SANTANA, E. et al. **Padrões de qualidade do ar**: experiência comparada Brasil, EUA e União europeia. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <https://iema-site-staging.s3.amazonaws.com/padroes-final01.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2018.

SANTI, A. M. M.; SUZUKI, R. Y.; OLIVEIRA, R. G. de. Monitoramento da qualidade do ar no município de Itabira, MG: avaliação dos resultados em anos recentes (1997/99) e das perspectivas de modernização da rede de monitoramento no contexto do licenciamento ambiental corretivo da CVRD. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2000. p. 1-12. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/1302/1/EVENTO_MonitoramentoQualidadeMunic%C3%ADpio.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

SANTOS, A. J. et al. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Revista Floresta**, v. 33, n. 2, p. 215-224, 2003.

SANTOS, R. M. M. **Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Município de Goiânia**. 1997. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Com retificações posteriores. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 24 abr. 2013. Disponível em: <http://www.lemaambiental.com.br/lema/01%20Estadual/decretos/59113-13.pdf>. Acesso em: ago. 2018.

SÃO PEDRO, V. A.; FEIO, R. N. Distribuição espacial e sazonal de anuros em três ambientes na Serra do Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 143-154, 2010.

SCALCO, R.; GONTIJO, B. M. Mosaico de unidades de conservação: da teoria à prática. O caso do mosaico de unidades de conservação da APA Cachoeira das Andorinhas – Ouro Preto/MG. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, 75-92, 2009.

SCARANO, F. R. Rock outcrop vegetation in Brazil: a brief overview. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 561-568. 2007.

SCHAFFER, W. B. et al. Áreas de preservação permanente e unidades de conservação x áreas de risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília, DF: mmA, 2011.

SCHIVO, F. et al. A habitat suitability model for capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) at its core area in Argentina. **Tropical Conservation Science**, v. 8, p. 150-168, 2015.

SCHNEIDER, F. D. et al. Animal diversity and ecosystem functioning in dynamic food webs. **Nat. Comm.**, v. 7, n. 12718, 2016.

SCHORSCHER, H. D. Komatiitos na estrutura greenstone belt da série rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais...** Recife, SBG. 1, 1978. p. 292-293.

SCHORSCHER, H. D. et al. Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: rio das Velhas greenstone belt and proterozoic rocks. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC CRUSTAL EVOLUTION AND METALLOGENESIS, 1982, Salvador. **Anais...** Salvador, 1982. p. 46.

SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron oxides. In: DIXON, J. B. et al. **Minerals in soil environments**. Wisconsin: Soil Science Society of América, 1977. p. 145-180.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. **Instrução de Serviço SEMAD Nº 03/2014.** Disponível em:< http://www.sbe.com.br/leis/IS_3-2014_semad_mg.pdf>. Acesso em março de 2018.

SEGALLA, M. V. et al. Brazilian amphibians: list of species. **Herpetologia Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 34-46, 2016.

SEKERCIOGLU, C. H. Impacts of birdwatching on human and avian communities. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 3, p. 282-289, 2002.

_____. Increasing awareness of avian ecological function. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 8, p. 464-471, 2006.

SEKERCIOGLU, C. H.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R. Ecosystem consequences of bird declines. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 52, p. 18042-18047, 2004.

SETE. **Estudo de impacto ambiental**: otimização da barragem de rejeitos do Fundão. Belo Horizonte: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental, 2012. (Responsável pelo empreendimento: Samarco Mineração S.A. Responsável pelo relatório: Sete Soluções e Tecnologia Ambiental Ltda, v. 1).

SHANLEY, P.; PIERCE, A.; LAIRD, S. **Além da madeira**: a certificação de produtos florestais não-madeireiros. Bogor, Indonésia: Centro de Pesquisa Florestal Internacional (CIFOR), 2005.

SILVA, C. de L. et al. Evaluation of sediment contamination by trace elements and the zooplankton community analysis in area afected by gold exploration in southeast (SE) of the Iron Quadrangle, Alto Rio Doce, (MG) Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 2, p. 150-157, 2013.

SILVA, E. B. L. **Estudo sobre a qualidade do ar na cidade de juiz de Fora: contribuição dos veículos automotores**. 2008. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, 2008.

SILVA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **CERNE**, Lavras, v. 7, n. 1, 2001.

SILVA, J. M. C.; CASTELETI, C. H. Status of the biodiversity of the Atlantic forest of Brazil. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **The Atlantic Forest of South America**: biodiversity status, threats, and outlook. Washington, DC: Island Press, 2003. p. 43-59.

SILVA, J. M. C.; CASTELETTI, C. H. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica – Biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. Cap. 5, p. 43 - 59.

SILVA, L. C. et al. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 4, p. 513-528, 2002.

SILVA, S. M. et al. Divide to conquer: a complex pattern of biodiversity depicted by vertebrate components in the Brazilian Atlantic forest. **Biol J Linn Soc.**, v. 107, p. 39-55, 2012.

SIMLER, R. **Diagrammes**. Logiciel d'hydrochimie d'Avignon. http://www.lha.univ-avignon.fr/setup-Diagrammes.exe, 2018.

SIMMONS, G. C. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **The National Speleological Society Bulletin**, v. 25, p. 66-72, 1963.

SIMONELLI, M. et al. Aspectos fitogeográficos, vegetacionais e estado de conservação da região de Serra das Torres, Espírito santo, Brasil. **Revista Científica Faesa**, Vitória, v. 4, n. 1, p. 33-38, 2008.

SIMONELLI, M.; FRAGA, C. (Org.). **Espécies da flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo**. Vitória: IPEMA, 2007.

SIMULA, M. Trade and environmental issues in forest production. **Environment Division Working Paper**. Inter American Development Bank, 1999.

SOARES, T. S. et al. Produtos florestais não madeireiros. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, n. 11, 2008.

SOBRAL, M. Três novas Myrtaceae de Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 20, p. 73-82, 2006. (Nova Série).

SOBRAL-SOUZA, T.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; SOLFERINI, V. N. Biogeography of neotropical rainforests: past connections between Amazon and Atlantic Forest detected by ecological niche modeling **Evolutionary Ecology**, v. 29, n. 5, p. 643-655, 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

SOLÁ, M. **Análise de remanescentes de Mata Atlântica em função das classes de declividade do terreno na região do Parque Estadual do Rio Doce, MG**. 2001. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

SOLLMANN, R. et al. Using occupancy models to investigate space partitioning between two sympatric large predators, the jaguar and puma in central Brazil. **Mammalian Biology**, v. 77, p. 41-46, 2012.

SOUSA, D. V. M. **Estudo geoquímico-mineral das formações ferríferas bandadas do sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero (MG**). 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

SOUZA P. **Diversidade florística e atributos pedológicos ao longo de uma encosta com Floresta Estacional Semidecidual Submontana, zona de amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, MG**. 2008. Doutorado (Tese) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SPIER, C. A. et al. Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Elsevier: Precambrian Research**, v. 152, n. 3-4, p. 170-206, 2006.

SPILLER, M. S.; SPILLER, C.; GARLET, J. Arthropod bioindicators of environmental quality. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 41-57, 2018.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

STAHLSCHMIDT, P.; BRÜHL, C. A. Bats at risk? Bat activity and insecticide residue analysis of food items in an apple orchard. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 31, n. 7, p. 1556-1563, 2012.

STAHLSCHMIDT, P.; BRÜHL, C. A. Bats as bioindicators–the need of a standardized method for acoustic bat activity surveys. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 3, p. 503-508, 2012.

STRAUBE, F. C. et al. Protocolo mínimo para levantamentos de avifauna em estudos de impacto ambiental. In: VON MATTER, S, et al. (Ed.). **Ornitologia e conservação**: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2010. p. 237-254.

STRÜSSMANN, C. Herpetofauna. In: ALHO, C. J. (Org.). **Fauna silvestre da região do rio Manso – MT**. Brasília, DF: Ibama, 2000. p. 153-189.

STUART, S. N. et al. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, v. 306, n. 5702, p. 1783-1786, 2004.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L. Evolução da planície costeira do rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4., 1982, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CTCQ-SBG, 1982. p. 93-116.

TAGLIANI, S. M. et al. Content, mineral allocation and leaching behavior of heavy metals in urban PM2,5. **Atmospheric Environment**, v. 153, p. 47-60, 2017.

TEIXEIRA, W. et al. Dados isotópicos (U/Pb, Pb/Pb, Sm/Nd, Rb/Sr) do plutonismo paleoproterozóico do Cinturão Mineiro, porção meridional do Cráton do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 3., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2004. p. 174-177.

TEMPONI, L. et al. Araceae do Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 87-103, 2006.

THOMAZ, L. D.; MONTEIRO, R. Composição florística da Mata Atlântica de encosta da Estação Biológica de Santa Lúcia, município de Santa Tresa – ES. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 7, p. 1-48, 1997. (NovaSérie).

THOMÉ, M. T. C. et al. J. Phylogeography of endemic toads and post-Pliocene persistence of the Brazilian Atlantic Forest. **Mol. Phylogenet. Evol**., v. 55, p. 1018-1031, 2000.

_____. Barriers, rather than refugia, underlie the origin of diversity in toads endemic to the Brazilian Atlantic Forest. **Molecular Ecology**, v. 23, n. 24, p. 6152-6164, 2014.

TIMÓTEO. **Prefeitura inicia trabalhos para mapear APA da Serra**. 2013. Disponível em: <http://www.timoteo.mg.gov.br/noticias.aspx?cd=672>. Acesso em: 20 jul. 2017.

TOLEDO, G. I. F. M.; NARDOCCI, A. C. Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 14, n. 3, p. 445-454, 2011.

TOLEDO, L. F. Anfíbios como bioindicadores. In: NEUMANN-LEITÃO, S.; EL-DIER, S. (Org.). **Bioindicadores da qualidade ambiental**. Recife: Instituto Brasileiro Pró-Cidadania, 2009. p. 196-208.

TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de juiz de Fora (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 4, n. 16, p. 23-39, 2005.

TORRES, J. P. M. et al. **Contaminação por metais pesados na água utilizada por agricultores familiares na Região do Rio Doce**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017. Disponível em: <//www.greenpeace.org.br/hubfs/Campanhas/Agua_Para_Quem/documentos/greenpeace_estudo_agua_riodoce%20.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.

TULLER, M. P. **Colatina: folha SE. 24-Y-C-VI**. Estado do Espírito Santos; escala 1:100.000. Brasília, DF: DNPM/CPRM, 1993.

UHLEIN, A. et al. Tectônica da faixa de dobramentos Brasília: setores setentrional e meridional. **Revista Geonomos**, v. 2, n. 20, p. 1-14, 2012.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Biosphere Reserve Information**. Paris: UNESCO, 2005. Disponível em <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=all&code=BRA+06>. Acessado em: 8 ago. 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Method 3050B**. Acid digestion of sediments, sludges and soils – Revision 2. Washington, DC: USEPA, 1996a.

_____. **Method 3052**. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Washington, DC: USEPA, 1996b.

_____. SW-846 EPA Method 3051A. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. In: _____. **Test Methods for Evaluating Solid Waste**. 3. rd Update. Washington: USEPA, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). Departamento de Solo. **Banco de dados sobre perfis de solo**. Minas Gerais, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solo, Centro de Ciências Agrárias. Disponível em: <http://www.dps.ufv.br>. Acesso em: 13 abr. 2017.

VALENÇA, J. G. et al. Transamazonian gabbronoritic intrusive rocks from the southernmost São Francisco Craton Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Abstracts...** Rio de Janeiro: IGC, 2000.

VALENCIA-AGUILAR, A.; CORTÉS-GÓMEZ, A. M.; RUIZ-AGUDELO, C. A. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 9, n. 3, p. 257-272, 2013.

VAREJÃO, E. V. et al. Arsenic and trace metals in river water and sediments from the southeast portion of the Iron Quadrangle, Brazil. **Environmental Monitoring Assessment**, n. 172, p. 631-642, 2011.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do leste do Brasil? **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, p. 241-246, 2011.

VELOSO, A. Sismicidade do Brasil. **Boletim SBGF**, n. 96, 2016. Disponível em: <https://www.sbgf.org.br/home/images/Boletim_96-2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2017.

VELOSO, H. P. et al. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba: Ed. dos Autores, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). WHO air quality guidelines global update 2005. In: **Report on a working group meeting**, Bonn/Germany, 18-20 october 2005. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2018.

_____. **WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and súlfur dioxide**. Global update 2005. Geneva: WHO, WHO/SDE/PHE/OEH, 2006. (Summary of risk assessment). Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=F382735CE5C24F235F0FBA5BC3CA4FB8?sequence=1>. Acesso em: jul. 2018.

XAVIER, A. L.; GUEDES, T. B.; NAPOLI, M. F. Biogeography of anurans from the poorly known and threatened coastal sandplains of Eastern Brazil. **PLoS One**, v. 10, n. 6, p. e0128268, 2015.

YANO, O. Adição às briófitas da reserva natural do Vale do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 18, p. 5-48, 2005.

YOUNG, C. E. F. Causas Socioeconômicas do Desmatamento na Mata Atlântica Brasileira. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica – Biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica - Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. Cap. 10, p. 103-118.

ZOCCHE, J. J. et al. Heavy metals and DNA damage in blood cells of insectivore bats in coal mining areas of Catarinense coal basin, Brazil. **Environmental research**, v. 110, n. 7, p. 684-691, 2010.

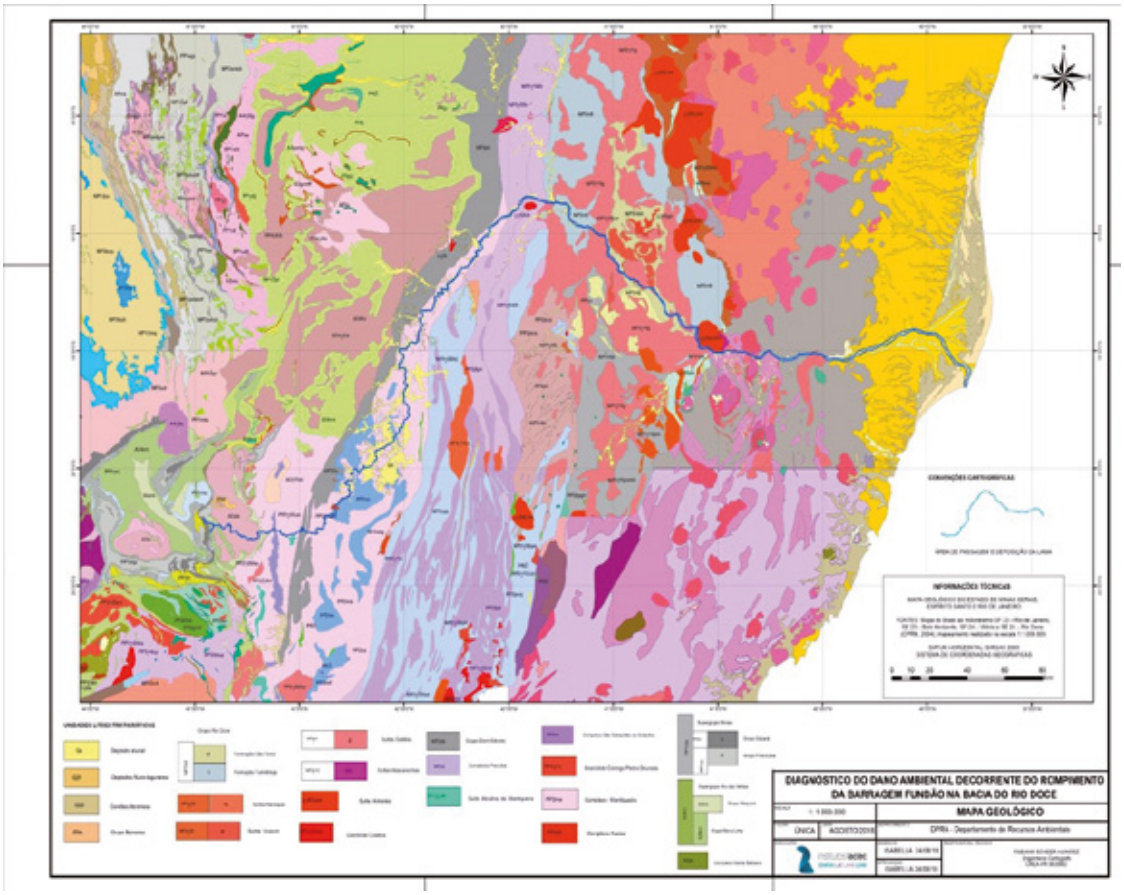
ZUG, G. R.; VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. **Herpetology**: an introductory biology of amphibians and reptiles. San Diego: Academic Press, 2001.

ZUKAL, J.; PIKULA, J.; BANDOUCHOVA, H. Bats as bioindicators of heavy metal pollution: history and prospect. **Mammalian Biology-Zeitschrift Für Säugetierkunde**, v. 80, n. 3, p. 220-227, 2015.

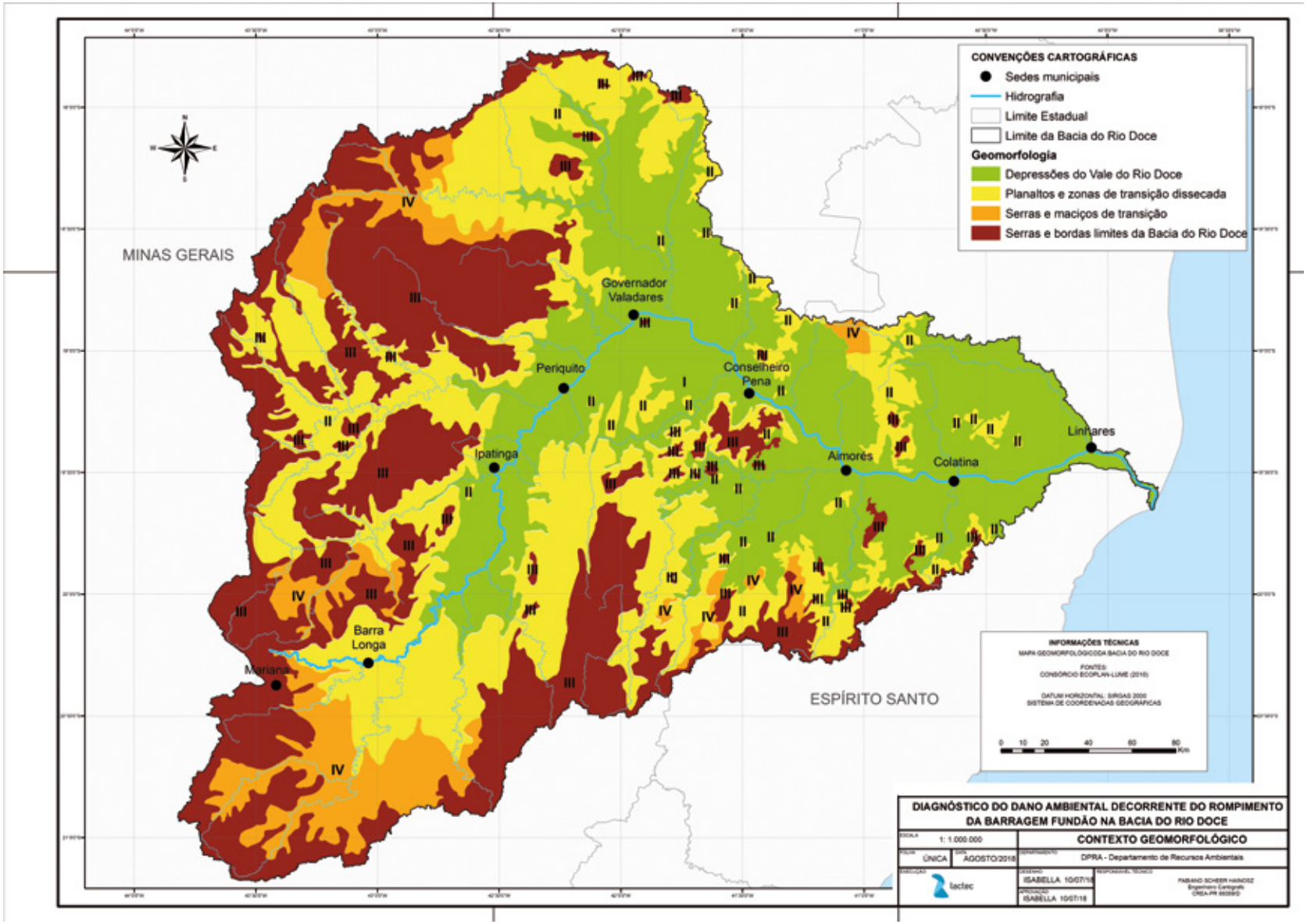
APÊNDICES

APÊNDICE A - MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DOS ESTADOS DE MINAS GERAIS, RIO DE JANEIRO E ESPÍRITO SANTO

FONTE DO MAPA: Mapa do Brasil ao milionésimo SF 23 – Rio de Janeiro, SE 23 – Belo Horizonte, SF 24 – Vitória e SE 24 – Rio Doce (CPRM, 2004), mapeamento realizado na escala 1:1.000.000.



APÊNDICE B - CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA DO RIO DOCE



APÊNDICE C - DRX DAS AMOSTRAS DE ROCHA DA MINA ALEGRIA SUL E NORTE

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Executante:	Institutos Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 | Jardim das Américas Caixa Postal 19067 | CEP 81531-980 | Curitiba – Paraná – Brasil
Amostrador:	A amostragem foi realizada pelo solicitante.
Metodologia:	Análise mineralógica qualitativa por difratometria de raios-X. Método: pó total prensado.
Equipamento:	Difratômetro de raios-X, D8 Advanced Eco, marca: Bruker.

Equipe técnica:	**Signatários:**
Bruno Endo Ribeiro EC/Área de Estruturas Civis Mariana D'Orey Galvão Portella Bragança EC/Área de Estruturas Civis Kleber Franke Portella EC/Área de Estruturas Civis Bruna Gomes Dias EC/Área de Estruturas Civis	**Revisão:** Jeferson Luiz Bronholo EC/Área de Estruturas Civis **Aprovação:** Betina Lepretti Medeiros Gerente EC/Área de Estruturas Civis

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

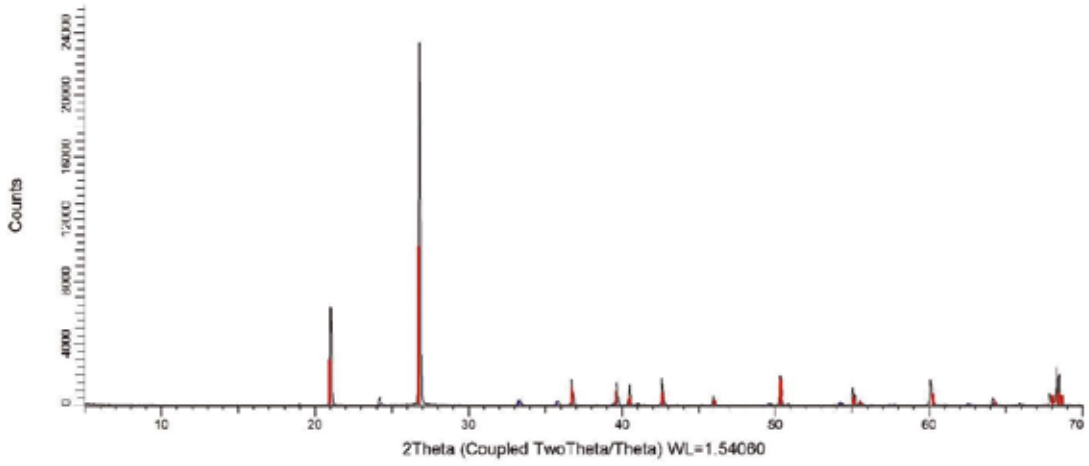
Emissão: 12/07/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0347.18
Amostra:	Itabirito - Alegria Sul

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Hematita	Fe_2O_3

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE

CER EC 0053/2018

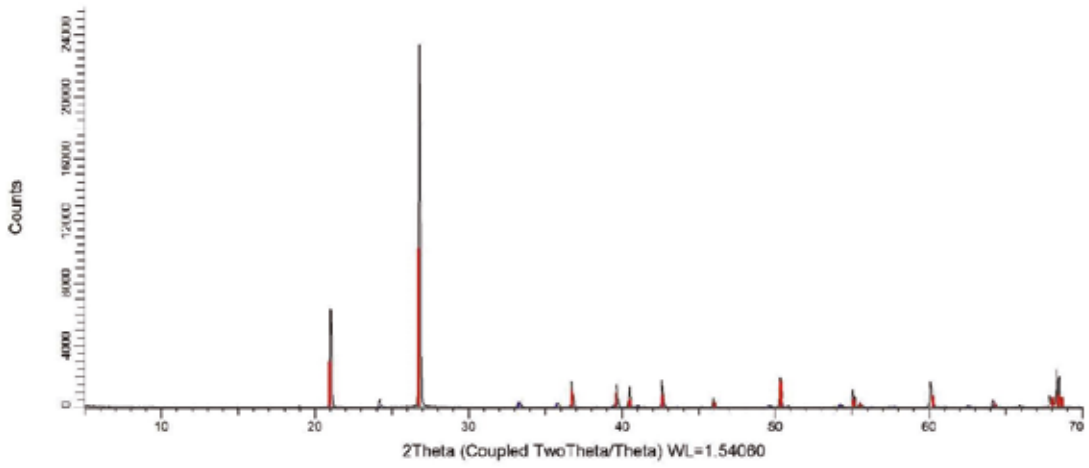
Emissão: 12/07/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0347.18
Amostra:	Itabirito - Alegria Sul

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Hematita	Fe_2O_3

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

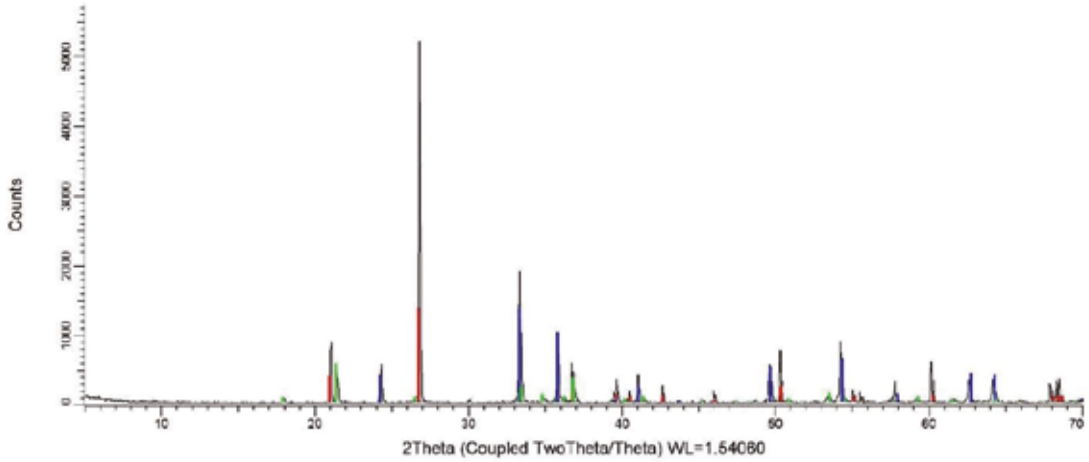
Emissão: 12/07/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0344.18
Amostra:	Itabirito - Alegria Norte

RESULTADOS

Difratograma:



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Hematita	Fe_2O_3
	Goethita	FeO(OH)

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

APÊNDICE D - DRX DAS AMOSTRAS DE ROCHAS

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Executante:	Institutos Lactec Rodovia BR-116, km 98, nº 8813 | Jardim das Américas Caixa Postal 19067 | CEP 81531-980 | Curitiba – Paraná – Brasil
Amostrador:	A amostragem foi realizada pelo solicitante.
Metodologia:	Análise mineralógica qualitativa por difratometria de raios-X. Método: pó total prensado.
Equipamento:	Difratômetro de raios-X, D8 Advanced Eco, marca: Bruker.

Equipe técnica:	**Signatários:**
Bruno Endo Ribeiro EC/Área de Estruturas Civis Mariana D'Orey Gaivão Portella Bragança EC/Área de Estruturas Civis Kleber Franke Portella EC/Área de Estruturas Civis Bruna Gomes Dias EC/Área de Estruturas Civis	**Revisão:** Jeferson Luiz Bronholo EC/Área de Estruturas Civis **Aprovação:** Betina Lepretti Medeiros Gerente EC/Área de Estruturas Civis

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

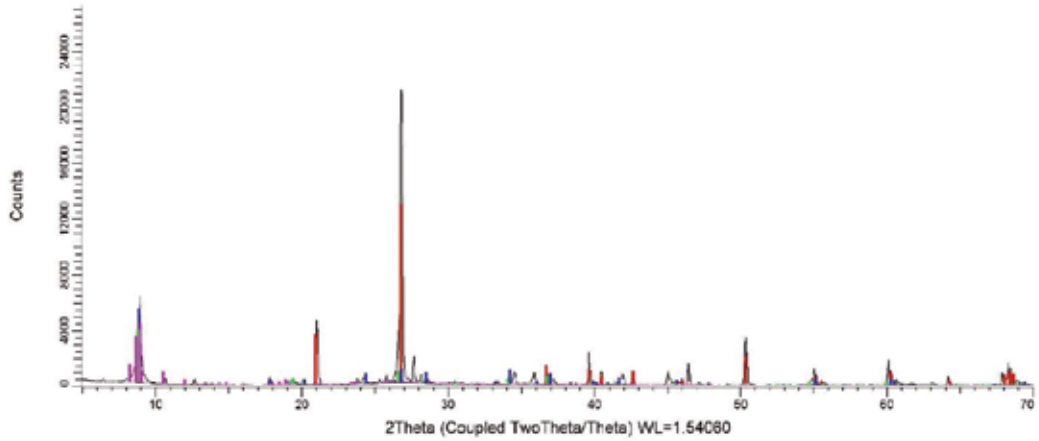
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0341.18
Amostra:	Mica Xisto - ST. 10.5

RESULTADOS

Difratograma:



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Biotita	Al1.207 Fe0.4 K1.906 Mg0.512 Mn0.007 Na0.034 O12 Si2.808 Ti0.067
	Flogopita	Al1.04 Ba0.01 F0.92 Fe2.14 H0.86 K0.97 Mg2.74 Na0.02 O11.08 Si2.96 Ti2.11
	-	C30 H30 Cu3 N28 O2

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE

CER EC 0053/2018

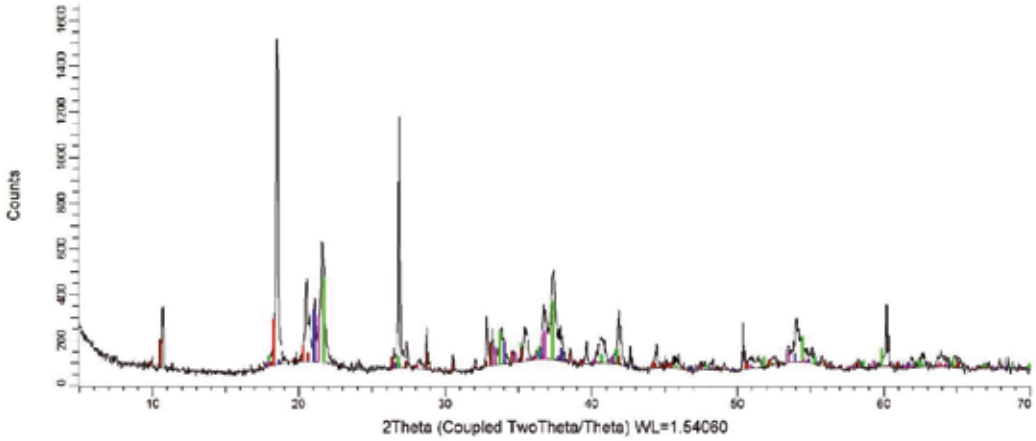
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0342.18
Amostra:	Granito muito alterado - ST 9.6

RESULTADOS

Difratograma:



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Gibbsita	$Al\ O_3$
	Groutelita	$Mn\ O_2$
	Bracewellite	CrO(OH)
	Goethita	FeO(OH)
	Horneblenda	Al2.42 Ca1.83 Fe1.852 H1.34 Mg2.218 Na0.706 O24 Si6.44 Ti0.07

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

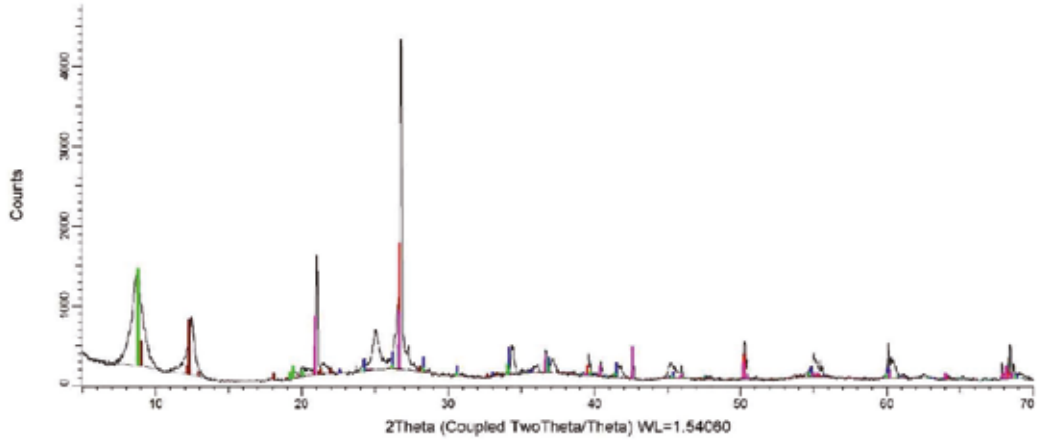
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0343.18
Amostra:	Metagrauvaca/Xisto – STS 8.6

RESULTADOS

Difratograma:



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Biotita	Al1.207 Fe0.4 K1.906 Mg0.512 Mn0.007 Na0.034 O12 Si2.808 Ti0.067
	Flogopita	Al0.94 Fe1.2 K0.9 Mg1.35 Na0.06 O12 Si2.84 Ti0.27
	Berlinita	Al O4 P
	Gismondina	Al2 Ca H8 O12 Si2

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE

CER EC 0053/2018

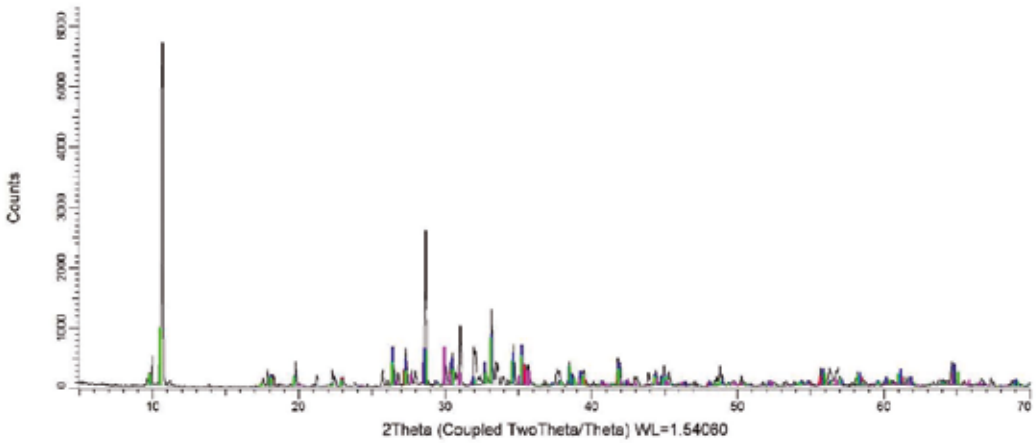
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0345.18
Amostra:	Gnaisse - ST 7.4

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Tremolita	Al0.2 Ca1.8 F0.66 Fe0.06 K0.12 Mg4.94 Na0.38 O23.34 Si7.8
	Pargasita	Al2 Ca2 Cr0.48 F2 Mg4.52 Na O22 Si6
	Horneblenda	Al2.42 Ca1.83 Fe1.852 H1.34 Mg2.218 Na0.706 O24 Si6.44 Ti0.07
	Diopsídio	Ca Mg O6 Si2

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

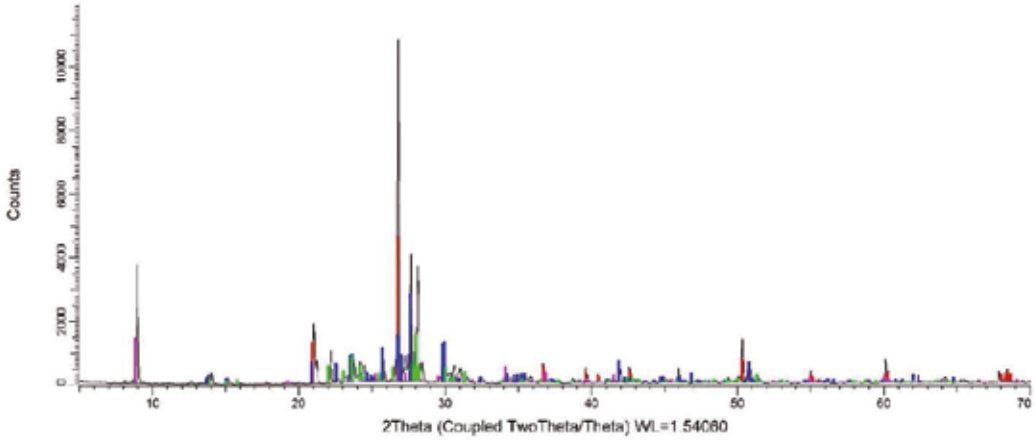
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0346.18
Amostra:	Gnaisse Charnockiticos

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Microclínio	Al K O8 Si3
	Albita	Al Na O8 Si3
	Flogopita	Al1.2 Fe1.11 K0.93 Mg1.5 Na0.07 O12 Si2.8 Ti0.39

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE

CER EC 0053/2018

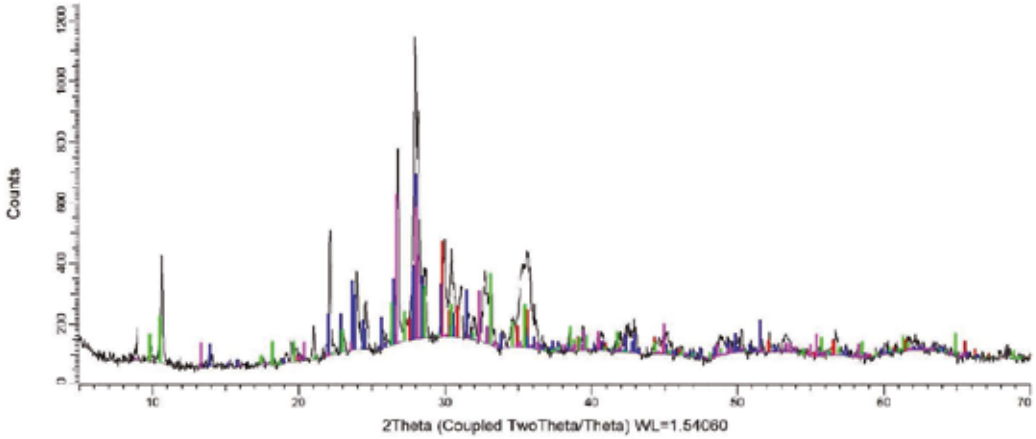
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0348.18
Amostra:	Bloco Metabásico - ST 8.6

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Diopsídio	B0.018 Ca0.916 Mg0.926 Na0.066 O6 Si1.96 Ti0.086
	Labradorita	Al0.814 Ca0.32 Na0.18 O4 Si1.184
	Tremolita	Al0.2 Ca1.8 F0.66 Fe0.06 K0.12 Mg4.94 Na0.38 O23.34 Si7.8
	-	Ca Cu O7 V2

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

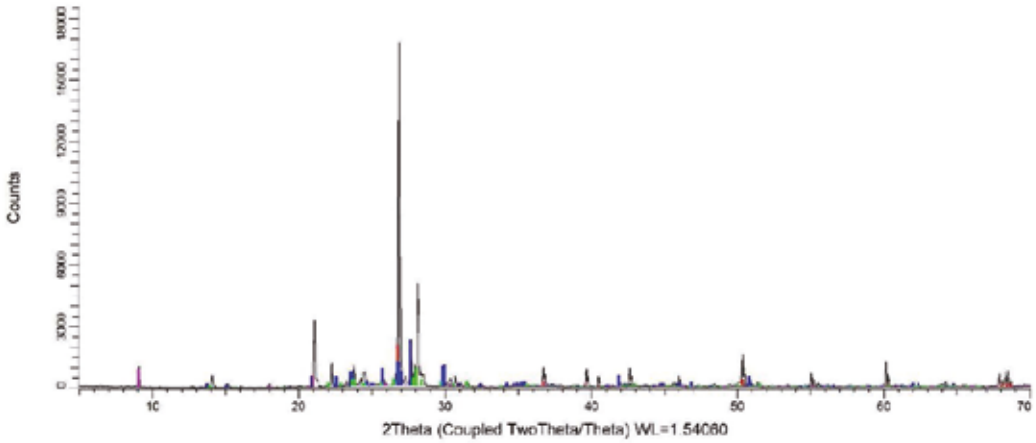
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0349.18
Amostra:	Granito - ST 5.6

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Microclínio	Al K O8 Si3
	Labradorita	Al0.814 Ca0.32 Na0.18 O4 Si1.184
	-	C2 H3 Fe O4 P

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

lactec

CERTIFICADO DE ANÁLISE

CER EC 0053/2018

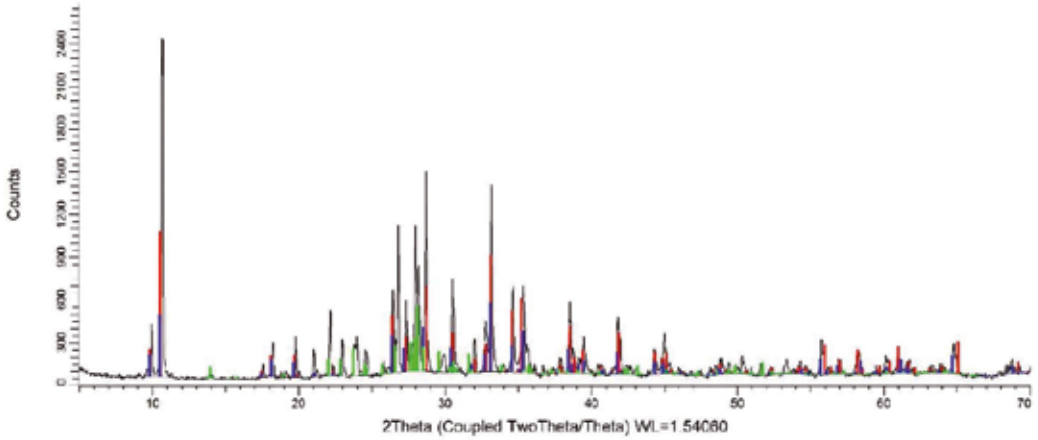
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0350.18
Amostra:	Gabro Metabásico - ST 9.6

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Actnolita	Al0.204 Ca1.954 F0.276 Fe0.947 H1.696 K0.096 Mg4.031 Mn0.014 Na0.152 O23.724 Si7.82 Ti0.004
	Horneblenda	Al2.42 Ca1.83 Fe1.852 H1.34 Mg2.218 Na0.706 O24 Si6.44 Ti0.07
	Labradorita	Al0.814 Ca0.32 Na0.18 O4 Si1.184

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE
CER EC 0053/2018

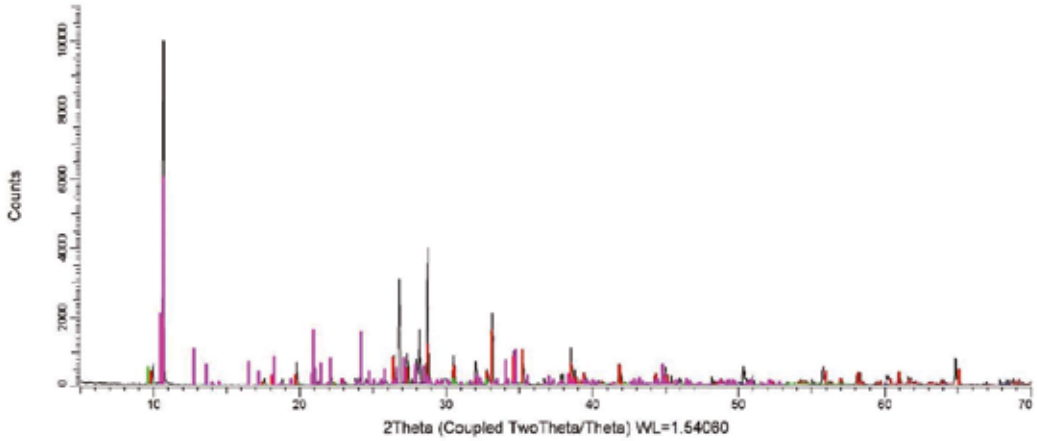
Emissão: 29/08/2018

Orçamento:	-/-
Protocolo:	-/-
Data da entrada:	29/06/2018
Solicitante:	Nome do solicitante: Isabella Françoso Rebutini Figueira Nome do cliente: Diagnóstico do dano ambiental da Bacia do Rio Doce Endereço do cliente: -/-

Identificação da amostra:	1.0351.18
Amostra:	Gnaisse - ST 5.1

RESULTADOS

Difratograma



Minerais indexados:

Cor	Mineral	Fase química
	Quartzo	SiO_2
	Hornblenda	Al2.42 Ca1.83 Fe1.852 H1.34 Mg2.218 Na0.706 O24 Si6.44 Ti0.07
	Inesita	Ca2 H11.912 Mn7 O34.956 Si10
	-	C8 H24 Mo2 N12 O4 S8

As considerações e resultados contidos neste certificado de análise têm validade restrita às amostras analisadas e às condições de ensaio, tendo validade somente a versão final devidamente assinada eletronicamente.

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e autorizadas pelos Institutos Lactec.

Centro Politécnico da UFPR - Caixa Postal 19067 - CEP 81531-980 - Curitiba/PR
Fone: +55 41 3361 6200 | www.institutoslactec.org.br

APÊNDICE E - RESULTADOS DA ANÁLISE DE DENDROGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DOS GRUPOS

Figura 117 – Análise de dendrograma para o banco de dados de fertilidade de solos com base nas variáveis pH em água, P, K, Ca, H+Al, SB, t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7), V%, m% e CO. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce.

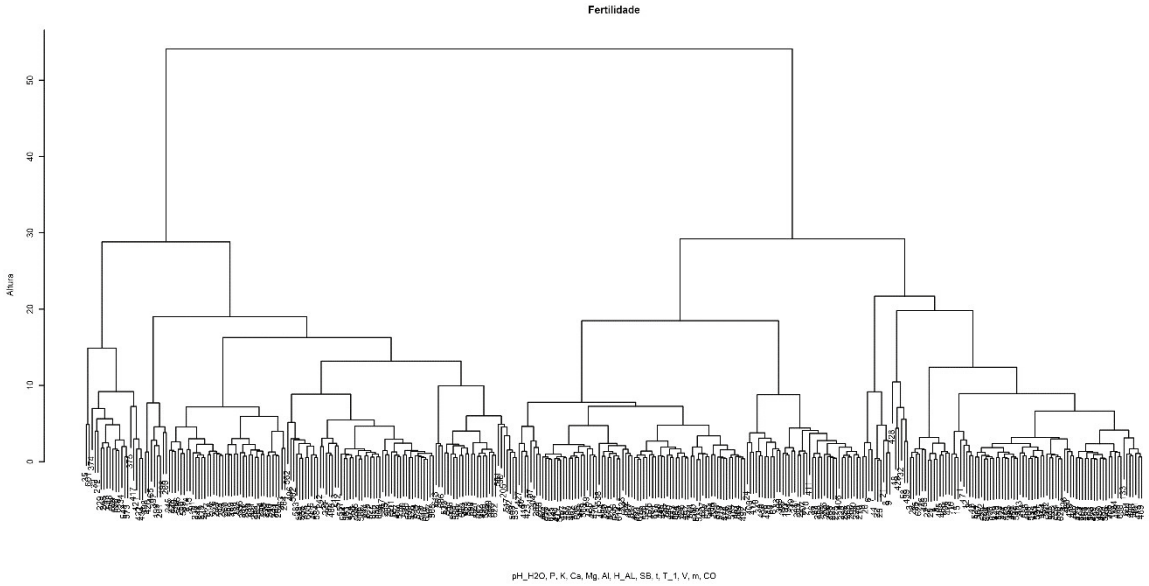


Figura 118 – Análise de dendrograma para o banco de dados de metais no solo com base nas variáveis Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn e As. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce.

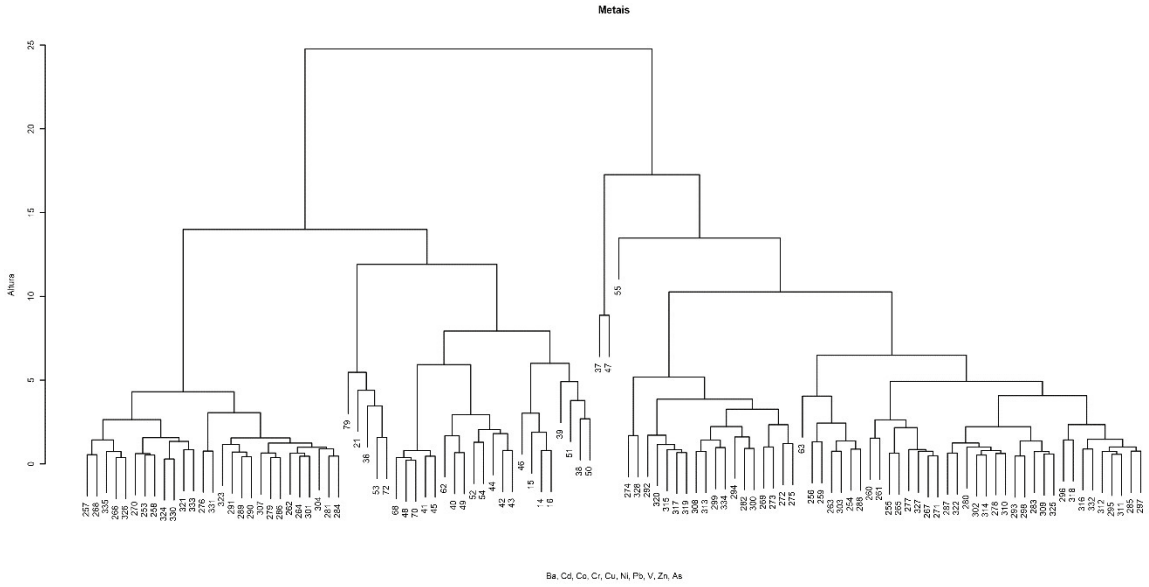


Figura 119 – Análise de dendrograma para o banco de dados da física do solo com base nas variáveis areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce.

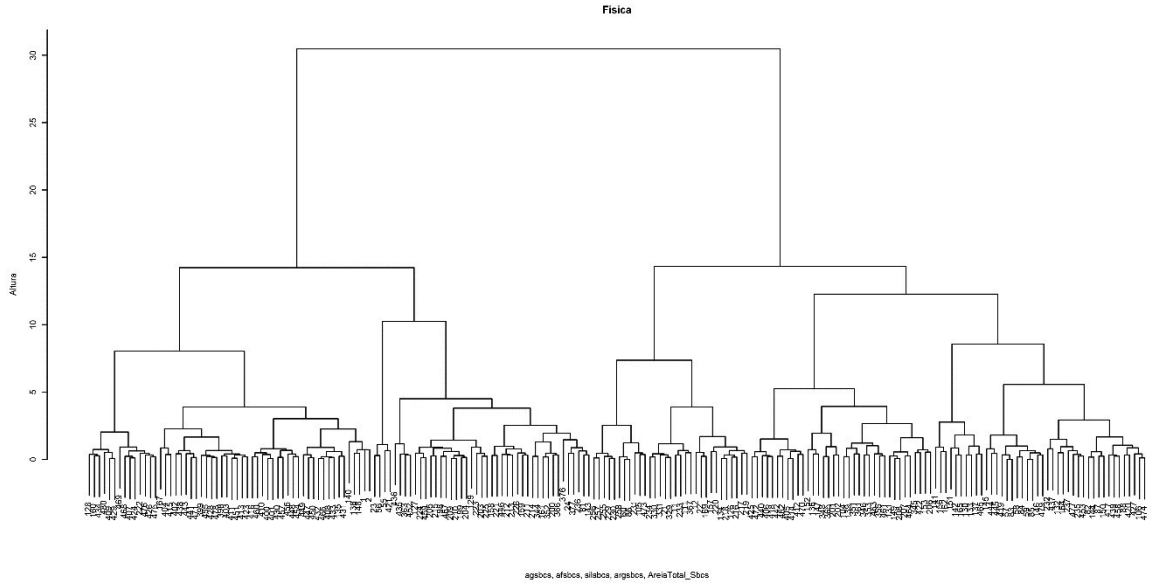
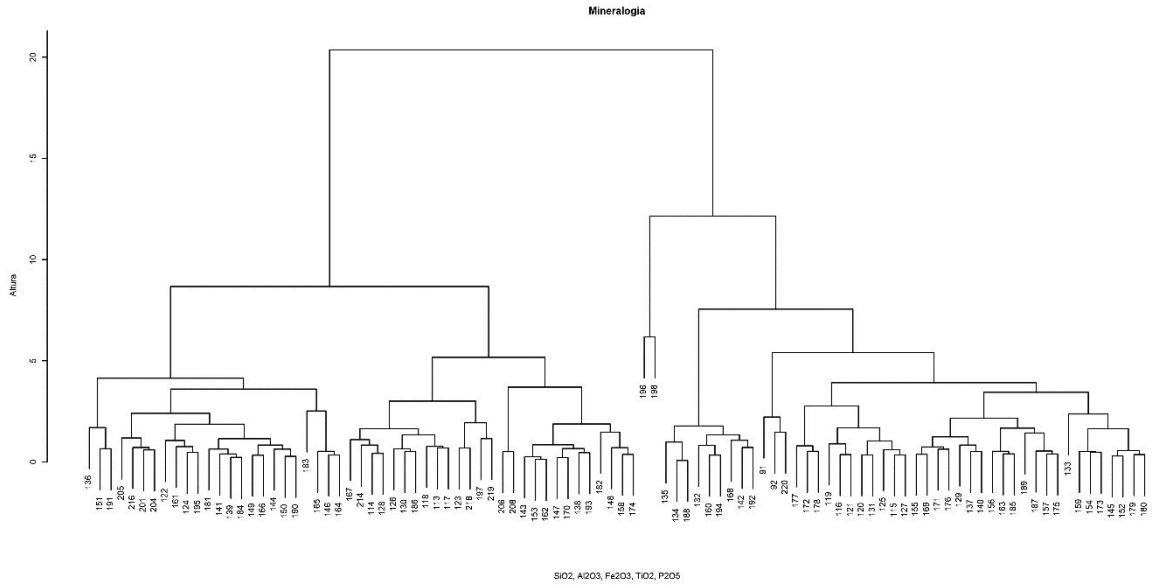


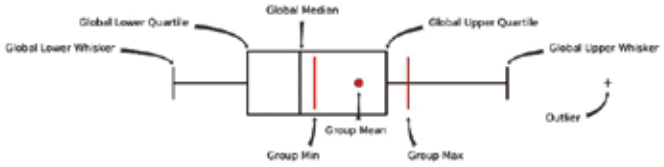
Figura 120 – Análise de dendrograma para o banco de dados da mineralogia de solo com base nas variáveis SiO_2, Al_2O_3, Fe_20_3, TiO_2 e P_2O_5. Os códigos na parte inferior do dendograma representam os pontos de solos na bacia do rio Doce.



APÊNDICE F - RESULTADOS DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS – RELATÓRIO DO ARCGIS

Figura 121 – Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de fertilidade do solo.

Group-Wise Summary



Overall Variable Statistics: Count = 310; Std. Distance = 48,1030; SSD = 2168,3397

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	R2
m	37,6165	39,3216	0,0000	100,0000	0,7852
SB	1,5970	1,9663	0,0000	12,3800	0,7333
V	26,6132	26,5538	0,0000	100,0000	0,6937
Ca	1,0588	1,4533	0,0000	9,9300	0,6934
t	2,1313	1,7866	0,0000	12,4800	0,5874
Mg	0,4550	0,5765	0,0000	4,3000	0,5590
pH H2O	5,4180	0,6632	3,9000	8,3000	0,5412
Al	0,5350	0,7479	0,0000	5,7000	0,4019
K	0,0761	0,0771	0,0000	0,4200	0,2987
H+Al	4,6719	3,5703	0,0000	22,1000	0,2570
T	6,2692	3,7478	0,0000	22,2400	0,2094
CO	2,0664	2,5702	0,0000	18,9000	0,1447

Group-Wise Summary (cont.)

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	R2
P	2,4661	4,3246	0,0000	64,1000	0,1004

Group 1: Count = 116; Std. Distance = 22,0491; SSD = 508,0575

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
m	2,7043	6,5157	0,0000	33,7000	0,3370
SB	1,9582	1,0825	0,0000	4,3800	0,3538
V	44,7155	20,6103	0,0000	100,0000	1,0000
Ca	1,3117	0,8164	0,0000	3,3800	0,3404
t	2,0138	1,0929	0,0000	4,3800	0,3510
Mg	0,5684	0,4261	0,0000	2,0600	0,4791
pH H2O	5,8520	0,4398	5,0100	6,9100	0,4318
Al	0,0556	0,1380	0,0000	0,8800	0,1544
K	0,0744	0,0655	0,0000	0,3200	0,7619
H+Al	2,4977	1,7485	0,0000	8,9000	0,4027
T	4,4559	2,1536	0,0000	10,9800	0,4937
CO	0,8318	0,5232	0,0800	2,7600	0,1418
P	3,0414	2,7431	0,0000	15,1000	0,2356

Continua...

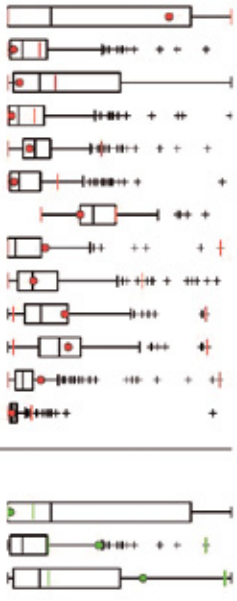
Group-Wise Summary (cont.)

Group 2: Count = 157; Std. Distance = 26,3322; SSD = 1033,6109

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
m	72,0102	24,9582	0,0000	100,0000	1,0000
SB	0,3620	0,4209	0,0000	2,0000	0,1616
V	5,2815	5,1427	0,0000	21,3000	0,2130
Ca	0,1747	0,2403	0,0000	1,2000	0,1208
t	1,3631	0,8609	0,0200	5,8400	0,4663
Mg	0,1282	0,1821	0,0000	1,0000	0,2326
pH H_2O	4,9412	0,3374	3,9000	5,9000	0,4545
Al	1,0031	0,8020	0,0000	5,7000	1,0000
K	0,0513	0,0492	0,0000	0,2700	0,6429
Al	6,3832	3,8169	0,6000	22,1000	0,9729
T	6,7478	3,9839	0,6000	22,2400	0,9730
CO	2,9341	3,2239	0,0000	18,9000	1,0000
P	1,3268	1,1921	0,0000	7,4000	0,1154

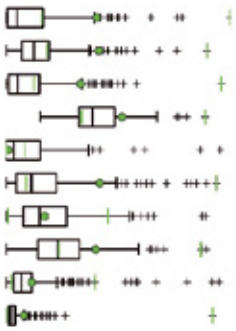
Group 3: Count = 37; Std. Distance = 22,7419; SSD = 626,6713

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
m	1,1297	2,5007	0,0000	11,3000	0,1130
SB	5,7049	2,0527	2,5300	12,3800	0,7956
V	60,3757	19,1188	18,3000	96,9000	0,7860



Group-Wise Summary (cont.)

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Ca	4,0176	1,7581	1,5900	9,9300	0,8399
t	5,7592	2,0355	2,5300	12,4800	0,7973
Mg	1,4859	0,7196	0,5500	4,3000	0,8721
pH H_2O	6,0808	0,7755	5,0000	8,3000	0,7500
Al	0,0516	0,1194	0,0000	0,5000	0,0877
K	0,1868	0,1057	0,0400	0,4200	0,9048
H+Al	4,2270	2,8188	0,2000	11,3000	0,5023
T	9,9238	3,3404	5,8200	21,6000	0,7095
CO	2,2546	1,5423	0,4500	7,8900	0,3937
P	5,4973	10,5517	0,3000	64,1000	0,9953



Continua...

Variable-Wise Summary

m: R2 = 0,79

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	2,7043	6,5157	0,0000	33,7000	0,3370
2	72,0102	24,9582	0,0000	100,0000	1,0000
3	1,1297	2,5007	0,0000	11,3000	0,1130
Total	37,6165	39,3216	0,0000	100,0000	1,0000

SB: R2 = 0,73

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	1,9582	1,0825	0,0000	4,3800	0,3538
2	0,3620	0,4209	0,0000	2,0000	0,1616
3	5,7049	2,0527	2,5300	12,3800	0,7956
Total	1,5970	1,9663	0,0000	12,3800	1,0000

V: R2 = 0,69

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	44,7155	20,6103	0,0000	100,0000	1,0000
2	5,2815	5,1427	0,0000	21,3000	0,2130
3	60,3757	19,1188	18,3000	96,9000	0,7860
Total	26,6132	26,5538	0,0000	100,0000	1,0000

Variable-Wise Summary (cont.)

Ca: R2 = 0,69

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	1,3117	0,8164	0,0000	3,3800	0,3404
2	0,1747	0,2403	0,0000	1,2000	0,1208
3	4,0176	1,7581	1,5900	9,9300	0,8399
Total	1,0588	1,4533	0,0000	9,9300	1,0000

t: R2 = 0,59

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	2,0138	1,0929	0,0000	4,3800	0,3510
2	1,3631	0,8609	0,0200	5,8400	0,4663
3	5,7592	2,0355	2,5300	12,4800	0,7973
Total	2,1313	1,7866	0,0000	12,4800	1,0000

Mg: R2 = 0,56

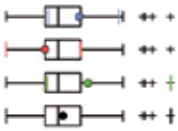
Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	0,5684	0,4261	0,0000	2,0600	0,4791
2	0,1282	0,1821	0,0000	1,0000	0,2326
3	1,4859	0,7196	0,5500	4,3000	0,8721
Total	0,4550	0,5765	0,0000	4,3000	1,0000

Continua...

Variable-Wise Summary (cont.)

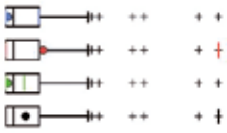
pH H_2O : R2 = 0,54

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	5,8520	0,4398	5,0100	6,9100	0,4318
2	4,9412	0,3374	3,9000	5,9000	0,4545
3	6,0808	0,7755	5,0000	8,3000	0,7500
Total	5,4180	0,6632	3,9000	8,3000	1,0000



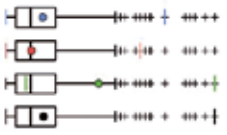
Al : R2 = 0,40

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	0,0556	0,1380	0,0000	0,8800	0,1544
2	1,0031	0,8020	0,0000	5,7000	1,0000
3	0,0516	0,1194	0,0000	0,5000	0,0877
Total	0,5350	0,7479	0,0000	5,7000	1,0000



K: R2 = 0,30

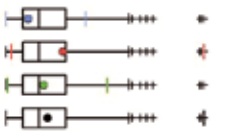
Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	0,0744	0,0655	0,0000	0,3200	0,7619
2	0,0513	0,0492	0,0000	0,2700	0,6429
3	0,1868	0,1057	0,0400	0,4200	0,9048
Total	0,0761	0,0771	0,0000	0,4200	1,0000



Variable-Wise Summary (cont.)

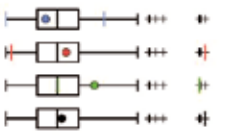
H+Al: R2 = 0,26

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	2,4977	1,7485	0,0000	8,9000	0,4027
2	6,3832	3,8169	0,6000	22,1000	0,9729
3	4,2270	2,8188	0,2000	11,3000	0,5023
Total	4,6719	3,5703	0,0000	22,1000	1,0000



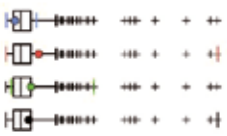
T: R2 = 0,21

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	4,4559	2,1536	0,0000	10,9800	0,4937
2	6,7478	3,9839	0,6000	22,2400	0,9730
3	9,9238	3,3404	5,8200	21,6000	0,7095
Total	6,2692	3,7478	0,0000	22,2400	1,0000



CO: R2 = 0,14

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	0,8318	0,5232	0,0800	2,7600	0,1418
2	2,9341	3,2239	0,0000	18,9000	1,0000
3	2,2546	1,5423	0,4500	7,8900	0,3937
Total	2,0664	2,5702	0,0000	18,9000	1,0000



Variable-Wise Summary (cont.)

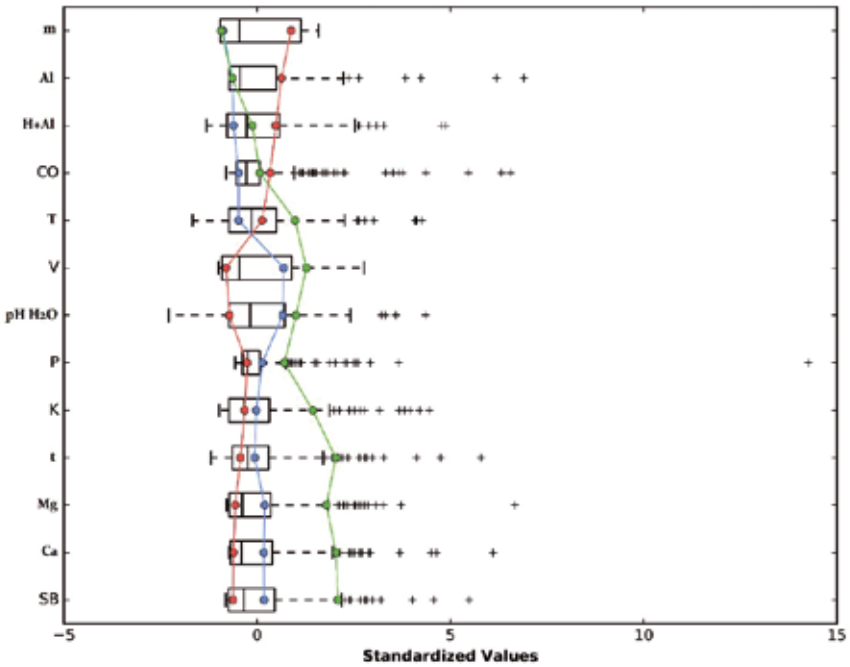
P: R2 = 0,10

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	3,0414	2,7431	0,0000	15,1000	0,2356
2	1,3268	1,1921	0,0000	7,4000	0,1154
3	5,4973	10,5517	0,3000	64,1000	0,9953
Total	2,4661	4,3246	0,0000	64,1000	1,0000



Continua...

Parallel Box Plot



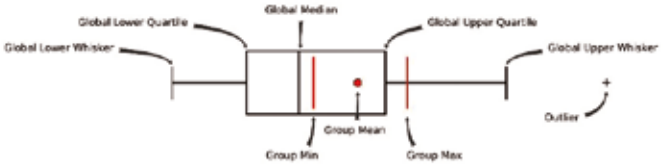
Grouping Analysis Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	Fertilidade_tabela_Final
Unique ID Field	ID_FINAL
Output Feature Class	None
Analysis Fields	pH H2O
	P
	K
	Ca
	Mg
	Al
	H+Al
	SB
	t
	T
	V
	m
	CO
Spatial Constraints	NO_SPATIAL_CONSTRAINT
Distance Method	EUCLIDEAN

Parameter Name	Input Value
Number of Neighbors	None
Weights Matrix File	None
Initialization Method	FIND_SEED_LOCATIONS
Initialization Field	None
Selection Set	False

Figura 122 - Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de EPTs do solo.

Group-Wise Summary



Overall Variable Statistics: Count = 286; Std. Distance = 363,3673; SSD = 1451,1013

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	R2
Ni	31,6663	43,9289	0,2500	489,0000	0,8354
As	19,5206	81,1525	0,0300	1011,6700	0,8304
Ba	219,1504	255,2791	2,5000	1461,3300	0,6893
Cr	101,5121	223,8536	0,5000	2940,1600	0,6722
Cd	1,0577	1,4041	0,0000	7,1300	0,6657
Co	9,3181	11,6781	0,0500	95,4300	0,5947
Zn	46,3519	34,9916	0,5000	280,1000	0,3571
Cu	25,4673	24,5970	0,3700	207,8000	0,1427
Pb	24,7419	27,1658	1,3000	351,0000	0,1046
V	101,1412	74,4089	0,5000	471,0000	0,0340

Group 1: Count = 3; Std. Distance = 227,2859; SSD = 79,5420

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Ni	24,4300	18,0079	6,2900	48,9800	0,0873
As	735,0000	200,1316	545,0000	1011,6700	0,4613
Ba	49,7567	22,5881	23,1500	78,3700	0,0379
Cr	36,2200	20,5103	8,8900	58,3000	0,0168
Cd	3,9933	2,9461	0,0500	7,1300	0,9930
Co	2,3633	3,0453	0,2100	6,6700	0,0677
Zn	79,1000	12,6176	63,2300	94,1000	0,1104
Cu	78,8567	91,8920	0,3700	207,8000	1,0000
Pb	61,3300	34,2521	31,6900	109,3300	0,2220
V	41,5367	23,5916	8,2700	60,3700	0,1107

Group 2: Count = 2; Std. Distance = 659,9825; SSD = 43,0684

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Ni	429,2500	59,7500	369,5000	489,0000	0,2445
As	7,6950	7,1550	0,5400	14,8500	0,0141
Ba	28,9600	12,8400	16,1200	41,8000	0,0176
Cr	2286,2450	653,9150	1632,3300	2940,1600	0,4449
Cd	2,9700	2,9200	0,0500	5,8900	0,8191
Co	80,9950	14,4350	66,5600	95,4300	0,3027
Zn	58,7800	6,3500	52,4300	65,1300	0,0454
Cu	92,8750	54,7650	38,1100	147,6400	0,5280
Pb	11,8100	10,5100	1,3000	22,3200	0,0601
V	196,7200	28,6200	168,1000	225,3400	0,1217

Continua...

Group 3: Count = 183; Std. Distance = 191,3415; SSD = 701,2782

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Ni	12,4263	13,5500	0,2500	83,2000	0,1697
As	7,1948	24,2627	0,0300	220,4000	0,2178
Ba	66,8225	87,1044	2,5000	470,0000	0,3205
Cr	81,6705	142,2878	0,5000	1726,0000	0,5870
Cd	0,2058	0,5758	0,0000	2,7100	0,3801
Co	3,9581	4,8921	0,0500	24,4000	0,2553
Zn	30,6999	24,3283	0,5000	140,9700	0,5024
Cu	20,8307	20,7195	0,3700	110,6200	0,5315
Pb	18,6349	16,8465	1,3000	106,6000	0,3011
V	107,9943	81,7133	0,5000	471,0000	1,0000

Group 4: Count = 98; Std. Distance = 232,1221; SSD = 627,2127

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Ni	59,7016	22,3891	2,0000	123,6000	0,2488
As	20,8759	30,5620	0,5000	206,5000	0,2036
Ba	512,6664	211,8910	22,0000	1461,3300	0,9866
Cr	95,9755	37,2771	0,5000	212,0000	0,0719
Cd	2,5195	0,9297	0,0100	5,8700	0,8219
Co	18,0772	10,5865	2,0000	58,8000	0,5955
Zn	74,3235	34,4457	31,0000	280,1000	0,8909
Cu	31,1154	19,8055	0,3700	117,4900	0,5646
Pb	35,2898	36,8818	1,3000	351,0000	1,0000
V	88,2182	55,7316	7,0000	403,0000	0,8417

Variable-Wise Summary

Ni: R2 = 0,84

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	24,4300	18,0079	6,2900	48,9800	0,0873
2	429,2500	59,7500	369,5000	489,0000	0,2445
3	12,4263	13,5500	0,2500	83,2000	0,1697
4	59,7016	22,3891	2,0000	123,6000	0,2488
Total	31,6663	43,9289	0,2500	489,0000	1,0000

As: R2 = 0,83

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	735,0000	200,1316	545,0000	1011,6700	0,4613
2	7,6950	7,1550	0,5400	14,8500	0,0141
3	7,1948	24,2627	0,0300	220,4000	0,2178
4	20,8759	30,5620	0,5000	206,5000	0,2036
Total	19,5206	81,1525	0,0300	1011,6700	1,0000

Ba: R2 = 0,69

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	49,7567	22,5881	23,1500	78,3700	0,0379
2	28,9600	12,8400	16,1200	41,8000	0,0176
3	66,8225	87,1044	2,5000	470,0000	0,3205
4	512,6664	211,8910	22,0000	1461,3300	0,9866
Total	219,1504	255,2791	2,5000	1461,3300	1,0000

Continua...

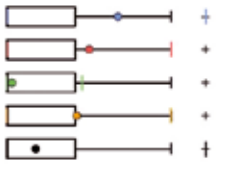
Cr: R2 = 0,67

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	36,2200	20,5103	8,8900	58,3000	0,0168
2	2286,2450	653,9150	1632,3300	2940,1600	0,4449
3	81,6705	142,2878	0,5000	1726,0000	0,5870
4	95,9755	37,2771	0,5000	212,0000	0,0719
Total	101,5121	223,8536	0,5000	2940,1600	1,0000



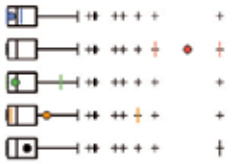
Cd: R2 = 0,67

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	3,9933	2,9461	0,0500	7,1300	0,9930
2	2,9700	2,9200	0,0500	5,8900	0,8191
3	0,2058	0,5758	0,0000	2,7100	0,3801
4	2,5195	0,9297	0,0100	5,8700	0,8219
Total	1,0577	1,4041	0,0000	7,1300	1,0000



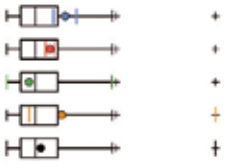
Co: R2 = 0,59

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	2,3633	3,0453	0,2100	6,6700	0,0677
2	80,9950	14,4350	66,5600	95,4300	0,3027
3	3,9581	4,8921	0,0500	24,4000	0,2553
4	18,0772	10,5865	2,0000	58,8000	0,5955
Total	9,3181	11,6781	0,0500	95,4300	1,0000



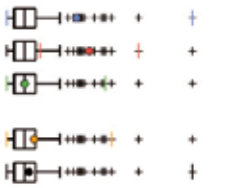
Zn: R2 = 0,36

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	79,1000	12,6176	63,2300	94,1000	0,1104
2	58,7800	6,3500	52,4300	65,1300	0,0454
3	30,6999	24,3283	0,5000	140,9700	0,5024
4	74,3235	34,4457	31,0000	280,1000	0,8909
Total	46,3519	34,9916	0,5000	280,1000	1,0000



Cu: R2 = 0,14

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	78,8567	91,8920	0,3700	207,8000	1,0000
2	92,8750	54,7650	38,1100	147,6400	0,5280
3	20,8307	20,7195	0,3700	110,6200	0,5315
4	31,1154	19,8055	0,3700	117,4900	0,5646
Total	25,4673	24,5970	0,3700	207,8000	1,0000



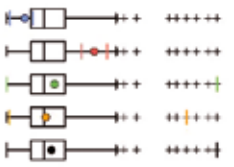
Pb: R2 = 0,10

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	61,3300	34,2521	31,6900	109,3300	0,2220
2	11,8100	10,5100	1,3000	22,3200	0,0601
3	18,6349	16,8465	1,3000	106,6000	0,3011
4	35,2898	36,8818	1,3000	351,0000	1,0000
Total	24,7419	27,1658	1,3000	351,0000	1,0000

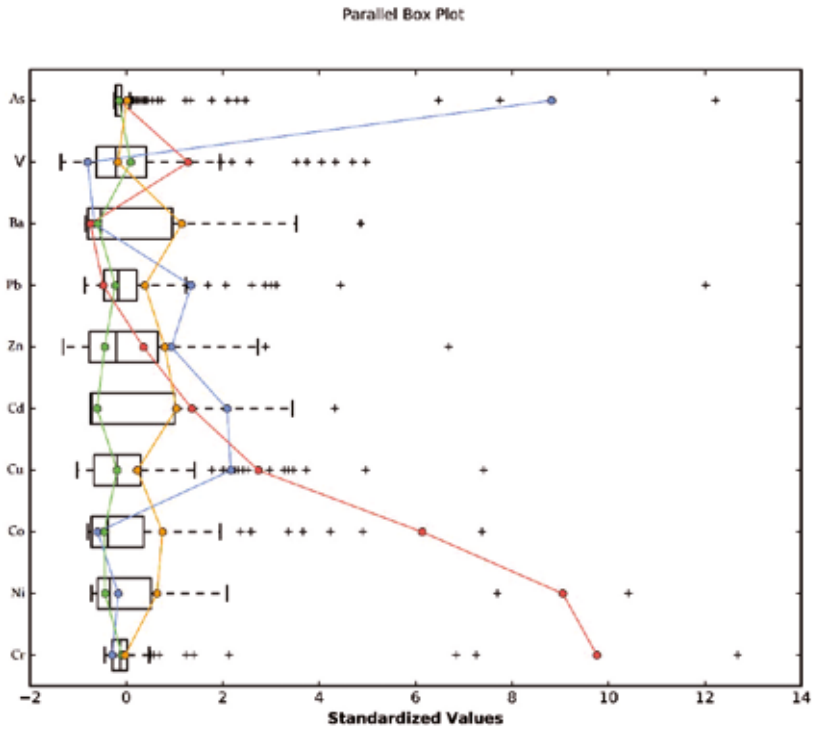


V: R2 = 0,03

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	41,5367	23,5916	8,2700	60,3700	0,1107
2	196,7200	28,6200	168,1000	225,3400	0,1217
3	107,9943	81,7133	0,5000	471,0000	1,0000
4	88,2182	55,7316	7,0000	403,0000	0,8417
Total	101,1412	74,4089	0,5000	471,0000	1,0000



Continua...



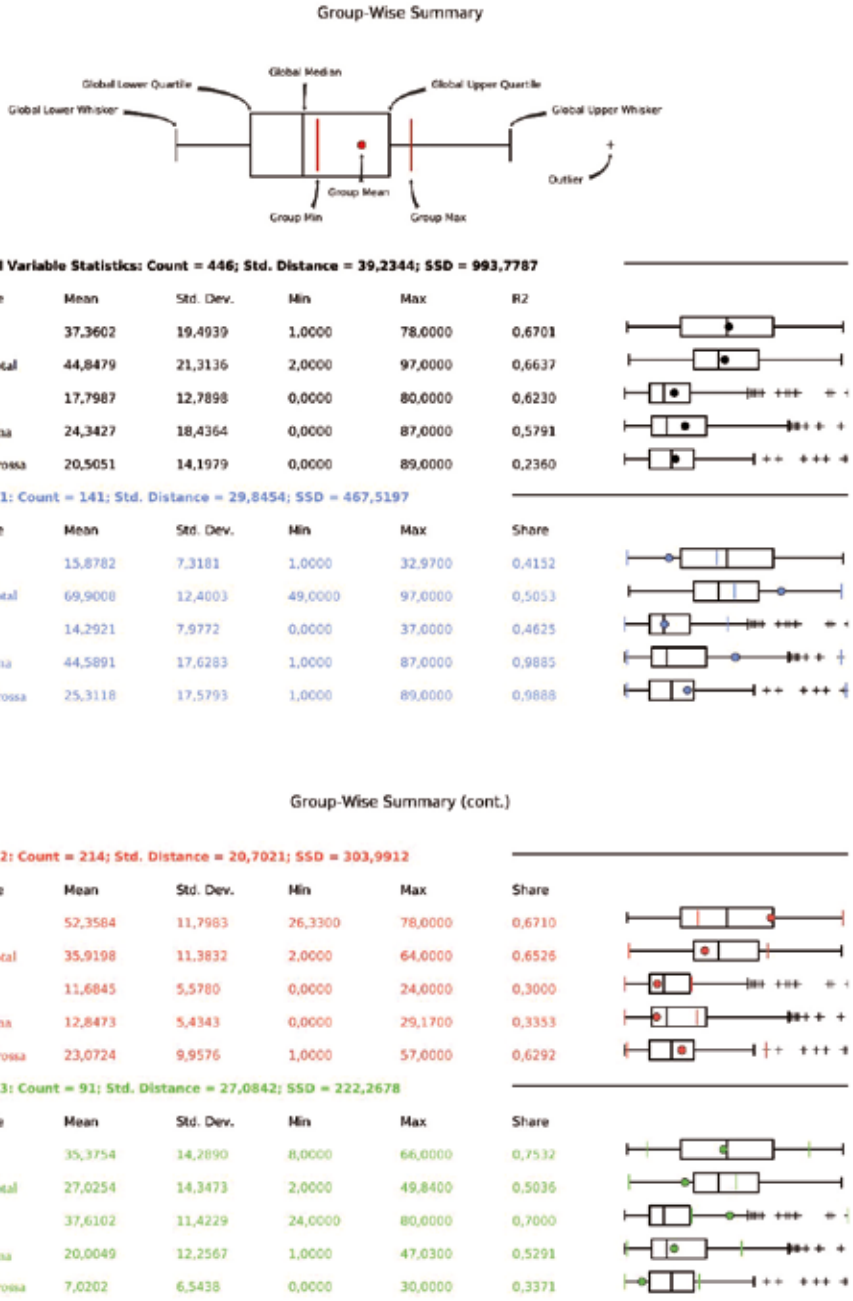
Grouping Analysis Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	Metal_tabela_Final
Unique ID Field	ID_FINAL
Output Feature Class	None
Analysis Fields	Ba
	Cd
	Co
	Cr
	Cu
	Ni
	Pb
	V
	Zn
	As
Spatial Constraints	NO_SPATIAL_CONSTRAINT
Distance Method	EUCLIDEAN
Number of Neighbors	None
Weights Matrix File	None
Initialization Method	FIND_SEED_LOCATIONS

Grouping Analysis Parameters

Parameter Name	Input Value
Initialization Field	None
Selection Set	False

Figura 123 - Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de física do solo.



Group-Wise Summary

Overall Variable Statistics: Count = 446; Std. Distance = 39,2344; SSD = 993,7787

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	R2
Argila	37,3602	19,4939	1,0000	78,0000	0,6701
Areia Total	44,8479	21,3136	2,0000	97,0000	0,6637
Silte	17,7987	12,7898	0,0000	80,0000	0,6230
Areia Fina	24,3427	18,4364	0,0000	87,0000	0,5791
Areia Grossa	20,5051	14,1979	0,0000	89,0000	0,2360

Group 1: Count = 141; Std. Distance = 29,8454; SSD = 467,5197

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Argila	15,8782	7,3181	1,0000	32,9700	0,4152
Areia Total	69,9008	12,4003	49,0000	97,0000	0,5053
Silte	14,2921	7,9772	0,0000	37,0000	0,4625
Areia Fina	44,5891	17,6283	1,0000	87,0000	0,9885
Areia Grossa	25,3118	17,5793	1,0000	89,0000	0,9888

Group-Wise Summary (cont.)

Group 2: Count = 214; Std. Distance = 20,7021; SSD = 303,9912

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Argila	52,3584	11,7983	26,3300	78,0000	0,6710
Areia Total	35,9198	11,3832	2,0000	64,0000	0,6526
Silte	11,6845	5,5780	0,0000	24,0000	0,3000
Areia Fina	12,8473	5,4343	0,0000	29,1700	0,3353
Areia Grossa	23,0724	9,9576	1,0000	57,0000	0,6292

Group 3: Count = 91; Std. Distance = 27,0842; SSD = 222,2678

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
Argila	35,3754	14,2890	8,0000	66,0000	0,7532
Areia Total	27,0254	14,3473	2,0000	49,8400	0,5036
Silte	37,6102	11,4229	24,0000	80,0000	0,7000
Areia Fina	20,0049	12,2567	1,0000	47,0300	0,5291
Areia Grossa	7,0202	6,5438	0,0000	30,0000	0,3371

Continua...

Variable-Wise Summary

Argila: R2 = 0,67

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	15,8782	7,3181	1,0000	32,9700	0,4152
2	52,3584	11,7983	26,3300	78,0000	0,6710
3	35,3754	14,2890	8,0000	66,0000	0,7532
Total	37,3602	19,4939	1,0000	78,0000	1,0000

Areia Total: R2 = 0,66

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	69,9008	12,4003	49,0000	97,0000	0,5053
2	35,9198	11,3832	2,0000	64,0000	0,6526
3	27,0254	14,3473	2,0000	49,8400	0,5036
Total	44,8479	21,3136	2,0000	97,0000	1,0000

Silte: R2 = 0,62

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	14,2921	7,9772	0,0000	37,0000	0,4625
2	11,6845	5,5780	0,0000	24,0000	0,3000
3	37,6102	11,4229	24,0000	80,0000	0,7000
Total	17,7987	12,7898	0,0000	80,0000	1,0000

Variable-Wise Summary (cont.)

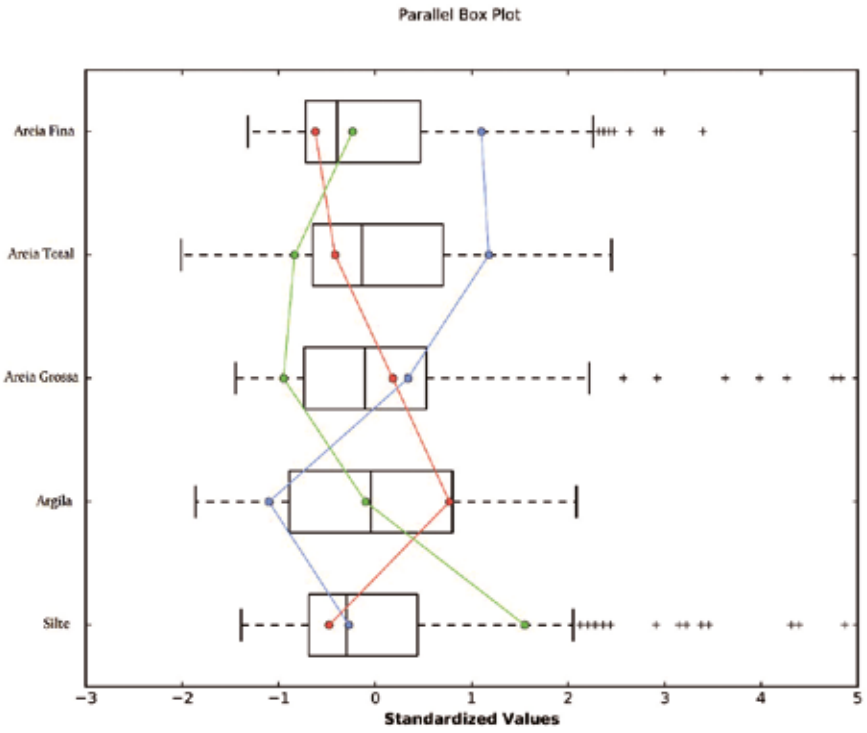
Areia Fina: R2 = 0,58

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	44,5891	17,6283	1,0000	87,0000	0,9885
2	12,8473	5,4343	0,0000	29,1700	0,3353
3	20,0049	12,2567	1,0000	47,0300	0,5291
Total	24,3427	18,4364	0,0000	87,0000	1,0000

Areia Grossa: R2 = 0,24

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	25,3118	17,5793	1,0000	89,0000	0,9888
2	23,0724	9,9576	1,0000	57,0000	0,6292
3	7,0202	6,5438	0,0000	30,0000	0,3371
Total	20,5051	14,1979	0,0000	89,0000	1,0000

Continua...

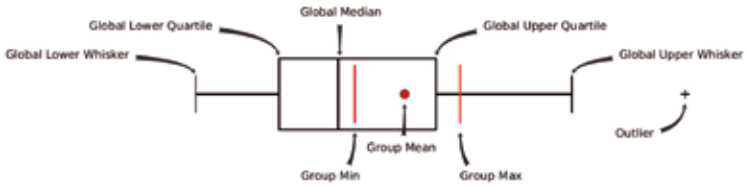


Grouping Analysis Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	Fisica_tabela_Final_1
Unique ID Field	ID_FINAL
Output Feature Class	None
Analysis Fields	Areia Grossa
	Areia Fina
	Silte
	Argila
	Areia Total
Spatial Constraints	NO_SPATIAL_CONSTRAINT
Distance Method	EUCLIDEAN
Number of Neighbors	None
Weights Matrix File	None
Initialization Method	FIND_SEED_LOCATIONS
Initialization Field	None
Selection Set	False

Figura 124 - Relatório do ArcGis referente à análise de agrupamentos para os parâmetros de mineralogia do solo.

Group-Wise Summary



Overall Variable Statistics: Count = 226; Std. Distance = 24,8555; SSD = 213,9051

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	R2
SIO2	43,2944	23,0161	0,2000	96,2400	0,8016
FE2O3	9,2173	6,0373	0,3000	57,6000	0,6872
AL2O3	20,6652	7,1839	1,1900	38,0800	0,5647

Group 1: Count = 65; Std. Distance = 10,2535; SSD = 54,6281

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
SIO2	70,2049	8,5344	54,0100	96,2400	0,4397
FE2O3	6,8892	3,0927	2,0800	17,1000	0,2621
AL2O3	17,0268	4,7681	1,1900	25,6500	0,6631

Group 2: Count = 96; Std. Distance = 14,0106; SSD = 90,8837

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
SIO2	43,4386	13,0026	15,7000	65,0400	0,5137
FE2O3	11,0345	3,5219	3,7500	26,9000	0,4040

Group-Wise Summary (cont.)

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
AL2O3	26,8149	3,8502	20,3000	38,0800	0,4820

Group 3: Count = 62; Std. Distance = 9,0653; SSD = 58,9809

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
SIO2	15,2774	6,3211	0,2000	25,6000	0,2645
FE2O3	6,9355	2,6769	0,3000	15,6000	0,2670
AL2O3	15,5758	5,9208	1,6000	23,4000	0,5909

Group 4: Count = 3; Std. Distance = 14,5619; SSD = 9,4124

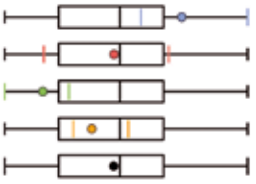
Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
SIO2	34,6333	10,2298	27,3000	49,1000	0,2270
FE2O3	48,6667	10,3232	34,2000	57,6000	0,4084
AL2O3	7,8900	0,9111	6,8000	9,0300	0,0604

Continua...

Variable-Wise Summary

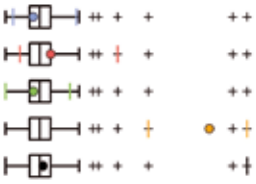
SIO2: R2 = 0,80

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	70,2049	8,5344	54,0100	96,2400	0,4397
2	43,4386	13,0026	15,7000	65,0400	0,5137
3	15,2774	6,3211	0,2000	25,6000	0,2645
4	34,6333	10,2298	27,3000	49,1000	0,2270
Total	43,2944	23,0161	0,2000	96,2400	1,0000



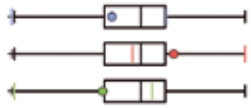
FE2O3: R2 = 0,69

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	6,8892	3,0927	2,0800	17,1000	0,2621
2	11,0345	3,5219	3,7500	26,9000	0,4040
3	6,9355	2,6769	0,3000	15,6000	0,2670
4	48,6667	10,3232	34,2000	57,6000	0,4084
Total	9,2173	6,0373	0,3000	57,6000	1,0000



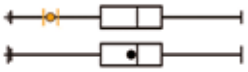
AL2O3: R2 = 0,56

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
1	17,0268	4,7681	1,1900	25,6500	0,6631
2	26,8149	3,8502	20,3000	38,0800	0,4820
3	15,5758	5,9208	1,6000	23,4000	0,5909



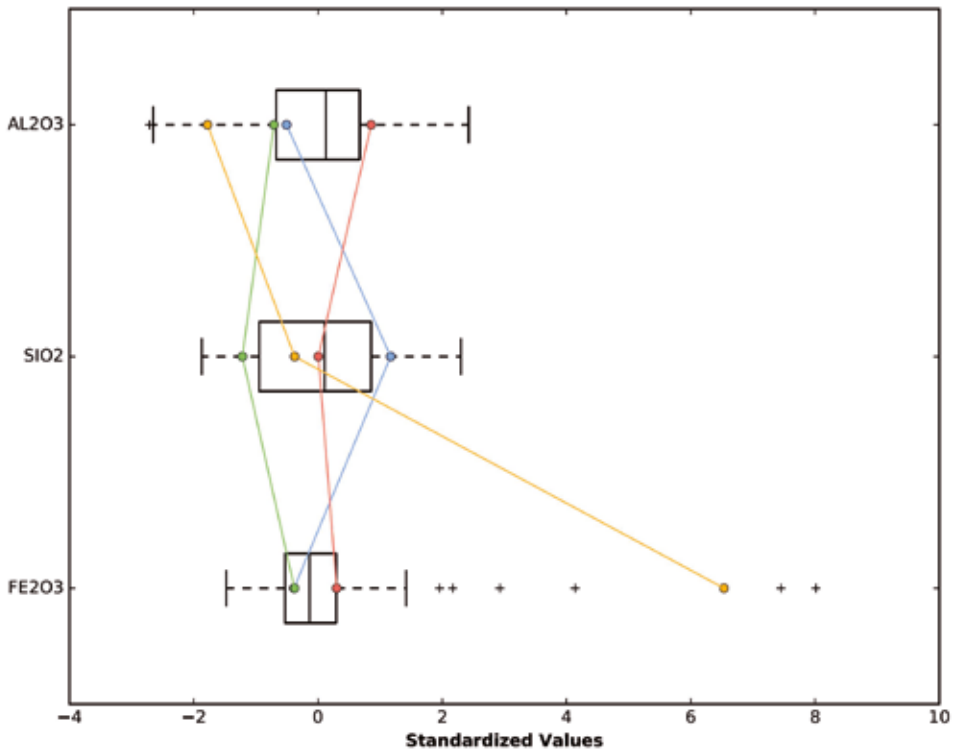
Variable-Wise Summary (cont.)

Group	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Share
4	7,8900	0,9111	6,8000	9,0300	0,0604
Total	20,6652	7,1839	1,1900	38,0800	1,0000



Continua...

Parallel Box Plot



Grouping Analysis Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	Mineralogia_tabela_Final
Unique ID Field	ID_FINAL
Output Feature Class	None
Analysis Fields	SIO2
	AL2O3
	FE2O3
Spatial Constraints	NO_SPATIAL_CONSTRAINT
Distance Method	EUCLIDEAN
Number of Neighbors	None
Weights Matrix File	None
Initialization Method	FIND_SEED_LOCATIONS
Initialization Field	None
Selection Set	False

Tabela 45 – Estatística descritiva dos parâmetros de fertilidade dos solos de várzea que ocorrem fora do QF e dentro de Candonga.

			Fertilidade						
	unidade	Prof. Hor (cm)	mínimo	Q25	média	mediana	Q75	máximo	n
pH H_2O	-	0-20	5,87	5,92	5,89	5,92	5,94	5,96	2
	20+	5,87	6,07	5,94	6,07	6,18	6,33	7	
pH KCl	-	0-20	5,27	5,28	5,27	5,28	5,28	5,28	2
	20+	5,24	5,42	5,29	5,40	5,51	5,67	7	
Al	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2
	20+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7	
H+Al	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	1,10	1,50	1,30	1,50	1,70	1,90	2
	20+	1,10	2,59	1,90	2,90	3,15	4,00	7	
m	%	0-20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2
	20+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7	
K	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	2
	20+	0,00	0,04	0,02	0,02	0,04	0,12	7	
Na	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Ca	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	1,81	2,48	2,14	2,48	2,81	3,14	2
	20+	0,21	0,98	0,76	0,85	0,92	2,42	7	
Mg	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	0,47	0,61	0,54	0,61	0,67	0,74	2
	20+	0,00	0,38	0,25	0,45	0,52	0,65	7	
SB	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	2,33	3,13	2,73	3,13	3,52	3,92	2
	20+	0,21	1,39	1,07	1,36	1,54	2,96	7	
V	%	0-20	55,10	66,60	60,85	66,60	72,35	78,10	2
	20+	5,80	35,17	26,25	35,10	39,95	72,90	7	
P	$mg\ dm^{-3}$	0-20	3,80	4,70	4,25	4,70	5,15	5,60	2
	20+	0,80	2,97	2,55	2,90	3,85	4,30	7	
P_{rem}	$mg\ L^{-1}$	0-20	28,60	34,30	31,45	34,30	37,15	40,00	2
	20+	14,70	28,71	19,70	21,10	39,30	47,20	7	
t	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	2,33	3,13	2,73	3,13	3,52	3,92	2
	20+	0,21	1,39	1,07	1,36	1,54	2,96	7	
T	$cmol_c\ dm^{-3}$	0-20	4,23	4,63	4,43	4,63	4,82	5,02	2
	20+	2,95	3,98	3,51	3,98	4,27	5,36	7	
CO	%	0-20	0,66	0,77	0,72	0,77	0,83	0,88	2
	20+	0,44	0,67	0,52	0,59	0,88	0,88	7	
Fe	$mg\ dm^{-3}$	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Mn	$mg\ dm^{-3}$	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Cu	$mg\ dm^{-3}$	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Zn	$mg\ dm^{-3}$	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	

Obs.: parâmetros sem valores: não havia dados para fora do QF e dentro de Candonga para várzeas. Observar que o n é igual para todos os parâmetros.

Tabela 46 - Estatística descritiva dos elementos potencialmente tóxicos dos solos de várzea que ocorrem fora do QF e dentro de Candonga.

		Elementos Potencialmente Tóxicos							
	unidade	Prof. Hor (cm)	mínimo	Q25	média	mediana	Q75	máximo	n
Ag	mg kg^{-1}	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
As	mg kg^{-1}	0-20	31,10	31,90	31,50	31,90	32,30	32,70	2
	20+	25,20	89,43	48,10	56,50	120,80	206,50	7	
Ba	mg kg^{-1}	0-20	485,90	505,45	495,68	505,45	515,23	525,00	2
	20+	461,30	542,84	505,75	563,00	576,45	611,20	7	
Cd	mg kg^{-1}	0-20	2,20	2,45	2,33	2,45	2,58	2,70	2
	20+	2,10	2,37	2,15	2,30	2,60	2,70	7	
Co	mg kg^{-1}	0-20	14,00	17,75	15,88	17,75	19,63	21,50	2
	20+	3,00	17,51	8,50	14,00	24,40	39,80	7	
Cr	mg kg^{-1}	0-20	93,40	95,90	94,65	95,90	97,15	98,40	2
	20+	91,90	124,51	110,90	131,70	138,70	148,80	7	
Cu	mg kg^{-1}	0-20	20,30	23,10	21,70	23,10	24,50	25,90	2
	20+	21,90	31,30	25,65	28,70	31,25	54,70	7	
Hg	mg kg^{-1}	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Ni	mg kg^{-1}	0-20	58,40	62,20	60,30	62,20	64,10	66,00	2
	20+	55,60	69,56	64,65	74,00	74,20	79,60	7	
Pb	mg kg^{-1}	0-20	20,10	20,90	20,50	20,90	21,30	21,70	2
	20+	16,80	22,69	20,65	23,00	24,55	28,60	7	
Sr	mg kg^{-1}	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Sb	mg kg^{-1}	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
Se	mg kg^{-1}	0-20	-	-	-	-	-	-	-
	20+	-	-	-	-	-	-	-	
V	mg kg^{-1}	0-20	54,80	55,10	54,95	55,10	55,25	55,40	2
	20+	58,10	82,53	69,30	82,20	95,10	108,60	7	
Zn	mg kg^{-1}	0-20	48,10	51,10	49,60	51,10	52,60	54,10	2
	20+	40,00	54,64	45,80	51,90	64,15	70,70	7	

Obs.: parâmetros sem valores: não havia dados para fora do QF e dentro de Candonga para várzeas. Observar que o n é igual para todos os parâmetros.

Tabela 47 - Estatística descritiva dos parâmetros mineralógicos dos solos de várzea que ocorrem dentro do QF e de dentro de Candonga.

Mineralogia									
	unidade	**Prof. Hor (cm)**	**mínimo**	**Q25**	**média**	**mediana**	**Q75**	**máximo**	**n**
Al_2O_3	%	0-20	18,49	20,16	19,33	20,16	21,00	21,83	2
	20+	16,80	23,72	21,39	24,08	26,35	29,73	7	
SiO_2	%	0-20	65,36	67,26	66,31	67,26	68,21	69,17	2
	20+	54,76	61,55	57,66	61,83	64,32	70,28	7	
Fe_2O_3	%	0-20	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	2
	20+	11,82	13,33	12,46	12,82	13,64	16,47	7	

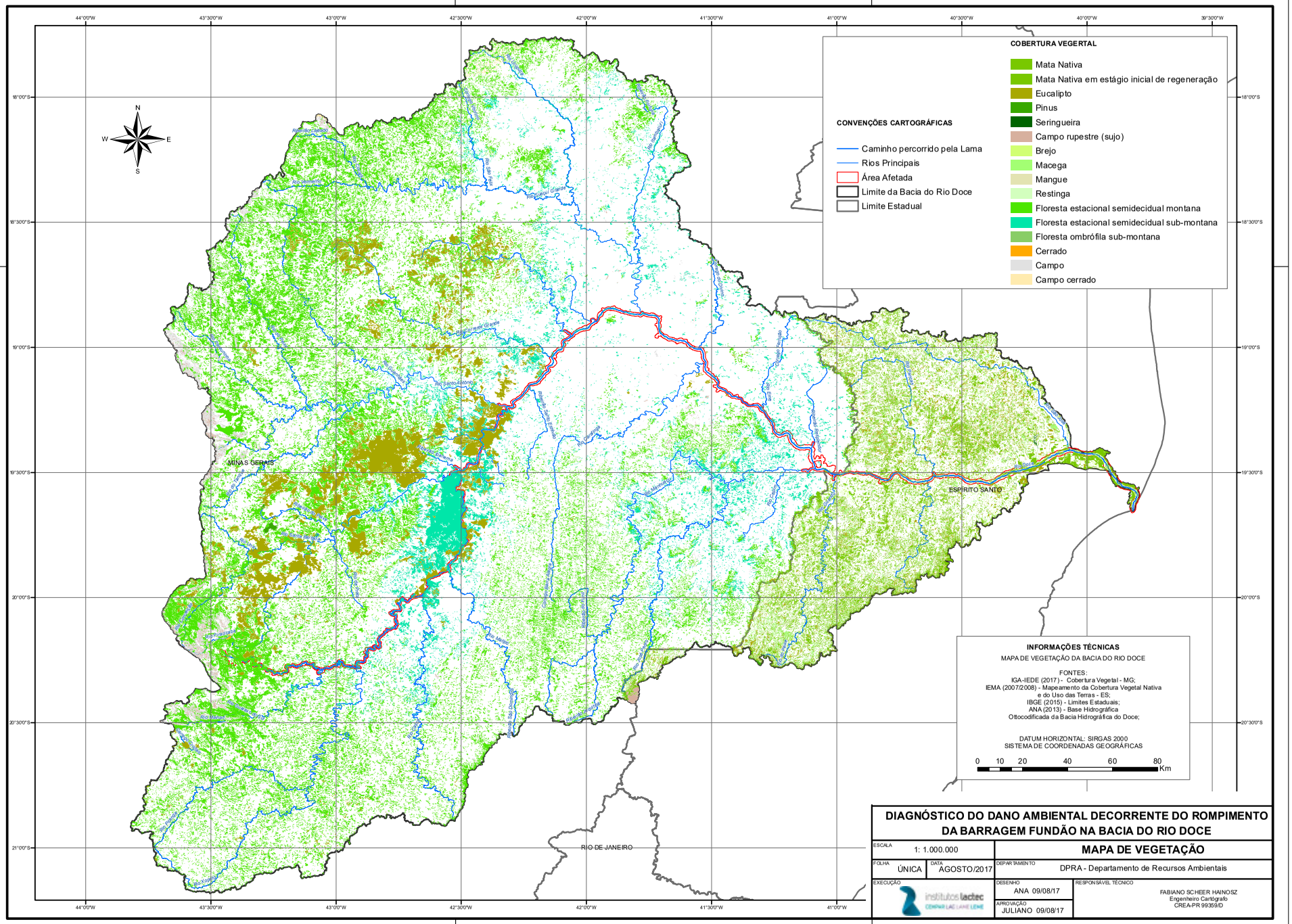
Obs.: Observar que o n é igual para todos os parâmetros.

Tabela 48 - Estatística descritiva dos parâmetros físicos dos solos de várzea que ocorrem dentro do QF e de dentro de Candonga.

Física									
	unidade	**Prof. Hor (cm)**	**mínimo**	**Q25**	**média**	**mediana**	**Q75**	**máximo**	**n**
areia grossa	%	0-20	7,00	10,00	8,50	10,00	11,50	13,00	2
		20+	3,00	6,29	4,50	6,00	7,50	11,00	7
areia fina	%	0-20	64,00	66,50	65,25	66,50	67,75	69,00	2
		20+	48,00	60,86	55,00	56,00	66,50	79,00	7
areia total	%	0-20	76,00	76,50	76,25	76,50	76,75	77,00	2
		20+	51,00	67,14	61,00	63,00	75,00	84,00	7
silte	%	0-20	12,00	12,50	12,25	12,50	12,75	13,00	2
		20+	4,00	17,71	15,00	19,00	21,50	28,00	7
argila	%	0-20	10,00	11,00	10,50	11,00	11,50	12,00	2
		20+	9,00	15,14	11,50	17,00	18,00	21,00	7
arg. disper. H_2O	%	0-20	1,00	1,50	1,25	1,50	1,75	2,00	2
		20+	1,00	2,43	2,00	3,00	3,00	3,00	7
dens. partíc.	kg dm^{-3}	0-20	2,69	2,73	2,71	2,73	2,75	2,77	2
		20+	2,66	2,74	2,70	2,75	2,77	2,85	7
grau floc.	%	0-20	-	-	-	-	-	-	-
		20+	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: parâmetros sem valores: não havia dados para fora do QF e dentro de Candonga para várzeas. Observar que o n é igual para todos os parâmetros.

APÊNDICE G – MAPA DA COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO DOCE


COBERTURA VEGERTAL
Mata Nativa
Mata Nativa em estágio inicial de regeneração
Eucalipto
Pinus
Seringueira
Campo rupestre (sujo)
Brejo
Macega
Mangue
Restinga
Floresta estacional semidecidual montana
Floresta estacional semidecidual sub-montana
Floresta ombrófila sub-montana
Cerrado
Campo
Campo cerrado
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS
Caminho percorrido pela Lama
Rios Principais
Área Afetada
Limite da Bacia do Rio Doce
Limite Estadual
MINAS GERAIS
ESPÍRITO SANTO
RIO DE JANEIRO
INFORMAÇÕES TÉCNICAS
MAPA DE VEGETAÇÃO DA BACIA DO RIO DOCE
FONTES:
IGA-IEDE (2017) - Cobertura Vegetal - MG;
IEMA (2007/2008) - Mapeamento da Cobertura Vegetal Nativa e do Uso das Terras - ES;
IBGE (2015) - Limites Estaduais;
ANA (2013) - Base Hidrográfica Ottocodificada da Bacia Hidrográfica do Doce;
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000
SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS
0 10 20 40 60 80 Km
DIAGNÓSTICO DO DANO AMBIENTAL DECORRENTE DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM FUNDÃO NA BACIA DO RIO DOCE
ESCALA 1: 1.000.000
MAPA DE VEGETAÇÃO
FOLHA ÚNICA
DATA AGOSTO/2017
DEPARTAMENTO DPRA - Departamento de Recursos Ambientais
EXECUÇÃO institutolactec
DESENHO ANA 09/08/17
APROVAÇÃO JULIANO 09/08/17
RESPONSÁVEL TÉCNICO FABIANO SCHEER HAINOSZ Engenheiro Cartógrafo CREA-PR 99359/D

APÊNDICE H – LISTA DE ESPÉCIES DE FLORA

Lista de espécies encontradas em faixa de 1km da calha do Rio Doce, com família, nome científico e localização do registro (Fonte: Plataformas Reflora e SiBBr).

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Acanthaceae	*Aphelandra hirta*	-19,6891	-42,5635
Acanthaceae	*Aphelandra nitida*	-19,6719	-39,8828
Acanthaceae	*Aphelandra schottiana*	-19,8061	-42,5394
Acanthaceae	*Chamaeranthemum beyrichii*	-19,7833	-42,6167
Acanthaceae	*Geissomeria schottiana*	-19,8050	-42,5431
Acanthaceae	*Justicia glomerata*	-19,7044	-42,5164
Acanthaceae	*Justicia nodicaulis*	-19,6828	-42,5722
Acanthaceae	*Justicia scheidweileri*	-19,7044	-42,5164
Acanthaceae	*MenDomcia glabra*	-19,7000	-42,5000
Acanthaceae	*Pseuderanthemum riedelianum*	-19,7833	-42,6167
Acanthaceae	*Ruellia acutangula*	-19,7044	-42,5164
Acanthaceae	*Ruellia elegans*	-19,8061	-42,5394
Acanthaceae	*Ruellia solitaria*	-19,6891	-42,5635
Acanthaceae	*Thumbergia alata*	-19,4319	-39,9909
Achariaceae	*Carpotroche brasiliensis*	-19,3914	-40,0722
Achariaceae	*Kuhlmanniodendron macrocarpum*	-19,5061	-39,8875
Alismataceae	*Echinodorus bolivianus*	-19,6891	-42,5635
Alismataceae	*Limnocharis*	-19,4333	-39,7417
Alismataceae	*Sagittaria lancifolia*	-19,3914	-40,0722
Alismataceae	*Sagittaria rhombifolia*	-19,6891	-42,5635
Amaranthaceae	*Achyranthes*	-18,8511	-41,9492
Amaranthaceae	*Alternanthera brasiliana*	-19,7333	-42,6167
Amaranthaceae	*Alternanthera maritima*	-19,6456	-39,8239
Amaranthaceae	*Alternanthera tenella*	-18,8500	-41,9500
Amaranthaceae	*Amaranthus*	-19,8050	-42,5431
Amaranthaceae	*Blutaparon portulacoides*	-19,6719	-39,8828
Amaranthaceae	*Celosia grandifolia*	-19,6891	-42,5635
Amaranthaceae	*Chamissoa acuminata*	-19,6891	-42,5635
Amaranthaceae	*Chenopodium*	-19,7333	-42,6167
Amaranthaceae	*Gomphrena serrata*	-19,4721	-42,5368
Amaranthaceae	*Hebanthe eriantha*	-19,7678	-42,6369
Amaranthaceae	*Hebanthe paniculata*	-19,8000	-42,6000
Amaranthaceae	*Pfaffia glomerata*	-18,8511	-41,9492
Amaryllidaceae	*Griffinia colatinensis*	-19,5067	-40,6117
Amaryllidaceae	*Griffinia liboniana*	-19,6719	-39,8828
Amaryllidaceae	*Griffinia parviflora*	-19,6719	-39,8828
Anacardiaceae	*Anacardium occidentale*	-19,6719	-39,8828
Anacardiaceae	*Astronium concinnum*	-19,4208	-40,0673
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	-19,3949	-40,0719

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Anacardiaceae	*Myracrodruon urundeuva*	-20,2153	-42,8940
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolia*	-19,3949	-40,0719
Anacardiaceae	*Schinus terebinthifolius*	-19,6719	-39,8828
Anacardiaceae	*Spondias macrocarpa*	-19,3949	-40,0719
Anacardiaceae	*Spondias mombin*	-19,4209	-39,9774
Anacardiaceae	*Spondias purpurea*	-19,3456	-42,4086
Anacardiaceae	*Spondias venulosa*	-19,3949	-40,0719
Anacardiaceae	*Tapirira guianensis*	-19,6719	-39,8828
Anacardiaceae	*Tapirira obtusa*	-19,7667	-42,6000
Anacardiaceae	*Thyrsodium spruceanum*	-19,3949	-40,0719
Anemiaceae	*Anemia dentata*	-19,2692	-41,2849
Anemiaceae	*Anemia ferruginea*	-19,5356	-42,5014
Anemiaceae	*Anemia luetzelburgii*	-19,2585	-41,3735
Anemiaceae	*Anemia phyllitidis*	-19,4367	-40,0756
Annonaceae	*Anaxagorea dolichocarpa*	-19,6645	-42,5586
Annonaceae	*Annona acutiflora*	-19,6719	-39,8828
Annonaceae	*Annona glabra*	-19,6456	-39,8239
Annonaceae	*Annona laurifolia*	-19,3949	-40,0719
Annonaceae	*Bocagea longipedunculata*	-19,4167	-40,1167
Annonaceae	*Cymbopetalum brasiliense*	-19,4336	-40,0728
Annonaceae	*Duguetia chrysocarpa*	-19,7667	-42,6000
Annonaceae	*Guatteria australis*	-19,6969	-42,5042
Annonaceae	*Guatteria campestris*	-19,6891	-42,5635
Annonaceae	*Guatteria ferruginea*	-19,5881	-42,5497
Annonaceae	*Guatteria macropus*	-19,6719	-39,8828
Annonaceae	*Guatteria oDomtopetala*	-19,6891	-42,5635
Annonaceae	*Guatteria sellowiana*	-19,3347	-41,3194
Annonaceae	*Guatteria tomentosa*	-19,3914	-40,0722
Annonaceae	*Guatteria villosissima*	-19,8000	-42,6167
Annonaceae	*Hornschuchia bryotrophe*	-19,6719	-39,8828
Annonaceae	*Oxandra*	-19,4667	-40,0703
Annonaceae	*Xylopia aromatica*	-19,7667	-42,6000
Annonaceae	*Xylopia ochrantha*	-19,6719	-39,8828
Annonaceae	*Xylopia sericea*	-19,7575	-42,4819
Apiaceae	*Apium*	-19,7000	-42,5000
Apocynaceae	*Allamanda martii*	-19,4303	-39,9464
Apocynaceae	*Allamanda polyantha*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Anartia oblongifolia*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*Aspidosperma cylindrocarpon*	-19,6693	-39,8854
Apocynaceae	*Aspidosperma polyneuron*	-20,2153	-42,8940
Apocynaceae	*Aspidosperma pyricollum*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*BlepharoDom bicuspidatum*	-19,6891	-42,5635

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Apocynaceae	*Condylocarpon intermedium*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Forsteronia montana*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Geissospermum laeve*	-19,5109	-40,3117
Apocynaceae	*Himatanthus bracteatus*	-19,5833	-39,8000
Apocynaceae	*Himatanthus phagedaenicus*	-19,6089	-39,7999
Apocynaceae	*Mandevilla guanabarica*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*Mandevilla hirsuta*	-19,6456	-39,8239
Apocynaceae	*Matelea riparia*	-19,3949	-40,0719
Apocynaceae	*Oxypetalum banksii*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*Oxypetalum harleyi*	-19,5914	-42,5686
Apocynaceae	*Peltastes pulcher*	-19,4167	-40,0667
Apocynaceae	*Peplonia asteria*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*Peschiera*	-19,5833	-39,8000
Apocynaceae	*Prestonia calycina*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Prestonia coalita*	-19,3949	-40,0719
Apocynaceae	*Rauvolfia grandiflora*	-19,5689	-39,7994
Apocynaceae	*Rauvolfia mattfeldiana*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*Rauvolfia paucifolia*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Rhabdadenia pohlii*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Tabernaemontana affinis*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis*	-19,7667	-42,6167
Apocynaceae	*Tabernaemontana divaricata*	-19,3949	-40,0719
Apocynaceae	*Tabernaemontana flavicans*	-19,6456	-39,8239
Apocynaceae	*Tabernaemontana laeta*	-19,7558	-42,6206
Apocynaceae	*Tabernaemontana salzmannii*	-19,6719	-39,8828
Apocynaceae	*Tassadia propinqua*	-19,3914	-40,0722
Apocynaceae	*Temnadenia odorifera*	-19,5833	-39,8000
Aquifoliaceae	*Ilex affinis*	-19,3914	-40,0722
Aquifoliaceae	*Ilex daphnoides*	-19,3949	-40,0719
Araceae	*Anthurium olfersianum*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Anthurium parasiticum*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Anthurium pentaphyllum*	-19,6456	-39,8239
Araceae	*Anthurium raimundii*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Asterostigma luschnathianum*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Dracontioides desciscens*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Monstera adansonii*	-19,5571	-39,8573
Araceae	*Monstera adansonii klotzschiana*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Montrichardia linifera*	-19,6456	-39,8239
Araceae	*Philodendron fragrantissimum*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Philodendron pedatum*	-19,6719	-39,8828
Araceae	*Syngonium vellozianum*	-19,5792	-39,7925
Araliaceae	*Dendropanax cuneatus*	-19,6891	-42,5635

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Araliaceae	*Hydrocotyle callicephala*	-19,5061	-39,8875
Araliaceae	*Hydrocotyle pusilla*	-19,7667	-42,6000
Araliaceae	*Schefflera morototoni*	-19,3949	-40,0719
Arecaceae	*Allagoptera arenaria*	-19,6719	-39,8828
Arecaceae	*Attalea humilis*	-19,6719	-39,8828
Arecaceae	*Bactris bahiensis*	-19,6719	-39,8828
Arecaceae	*Bactris setosa*	-19,4833	-42,4800
Arecaceae	*Bactris vulgaris*	-19,6719	-39,8828
Arecaceae	*Desmoncus orthacanthos*	-19,4496	-39,7418
Arecaceae	*Desmoncus polyacanthos*	-19,6719	-39,8828
Arecaceae	*Euterpe edulis*	-19,6891	-42,5635
Arecaceae	*Geonoma pohliana pohliana*	-19,7044	-42,5164
Arecaceae	*Geonoma pohliana weddelliana*	-19,7000	-42,5000
Arecaceae	*Polyandrococos caudescens*	-19,4956	-40,2300
Arecaceae	*Syagrus macrocarpa*	-18,8500	-41,9300
Arecaceae	*Syagrus pseudococos*	-19,4956	-40,2300
Aristolochiaceae	*Aristolochia labiata*	-20,2624	-43,3349
Aristolochiaceae	*Aristolochia trilobata*	-19,5744	-39,7872
Asclepiadaceae	*Fischeria stellata*	-19,3914	-40,0722
Asparagaceae	*Herreria salsaparrilha*	-19,4956	-40,2211
Aspleniaceae	*Asplenium auriculatum*	-19,2250	-41,3733
Aspleniaceae	*Asplenium auritum*	-19,2783	-41,3742
Aspleniaceae	*Asplenium muellerianum*	-19,6645	-42,5586
Aspleniaceae	*Asplenium pteropus*	-19,7000	-42,5000
Aspleniaceae	*Asplenium serratum*	-19,7000	-42,5000
Asteraceae	*Acanthospermum australe*	-19,7667	-42,6167
Asteraceae	*Adenostemma involucratum*	-19,7044	-42,5164
Asteraceae	*Austrocritonia angulicaulis*	-19,7667	-42,6000
Asteraceae	*Austrocritonia velutina*	-19,7667	-42,6000
Asteraceae	*Austroeupatorium silphiifolium*	-19,3914	-40,0722
Asteraceae	*Baccharis calvescens*	-19,4956	-40,2211
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia*	-19,4956	-40,2211
Asteraceae	*Baccharis genistelloides crispa*	-20,2853	-43,4311
Asteraceae	*Baccharis reticularia*	-19,6719	-39,8828
Asteraceae	*Baccharis serrulata*	-19,7667	-42,6167
Asteraceae	*Baccharis subdentata*	-20,2624	-43,3349
Asteraceae	*Baccharis trinervis*	-19,3949	-40,0719
Asteraceae	*Bidens segetum*	-19,4304	-39,9464
Asteraceae	*Calea*	-20,2747	-43,3228
Asteraceae	*Chresta*	-19,2525	-41,3936
Asteraceae	*Chromolaena decumbens Gardner*	-20,2806	-43,3117
Asteraceae	*Chromolaena pedalis*	-20,2806	-43,3117

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Asteraceae	*Chromolaena squalida*	-18,8549	-41,9493
Asteraceae	*Chromolaena tecta*	-19,3914	-40,0722
Asteraceae	*Conocliniopsis prasiifolia*	-19,6891	-42,5635
Asteraceae	*Cyrtocymura scorpioides*	-19,7667	-42,6333
Asteraceae	*Dasyphyllum velutinum*	-20,2817	-43,4350
Asteraceae	*Eclipta prostrata*	-19,7667	-42,6167
Asteraceae	*Emilia fosbergii*	-19,7000	-42,5000
Asteraceae	*Eremanthus crotonoides*	-20,2700	-43,3100
Asteraceae	*Eremanthus incanus*	-20,2303	-43,4694
Asteraceae	*Eupatorium odaratum*	-19,7000	-42,6167
Asteraceae	*Gamochaeta spicata*	-19,7000	-42,5000
Asteraceae	*Gnaphalium*	-19,7667	-42,6000
Asteraceae	*Gochnatia polymorpha*	-19,4956	-40,2211
Asteraceae	*Heterocondylus alatus*	-19,7667	-42,6000
Asteraceae	*Heterocondylus vitalbae*	-19,7678	-42,6369
Asteraceae	*Hypochaeris gardneri*	-20,2856	-43,4311
Asteraceae	*Inulopsis camporum*	-20,2625	-43,3350
Asteraceae	*Inulopsis scaposa*	-20,2806	-43,3117
Asteraceae	*Koanophyllon tricephalotes*	-19,7667	-42,6333
Asteraceae	*Lepidaploa cotoneaster*	-19,4956	-40,2211
Asteraceae	*Lepidaploa rufogrisea*	-19,6719	-39,8828
Asteraceae	*Leptostelma*	-20,2867	-43,0833
Asteraceae	*Lessingianthus graminifolius*	-20,2747	-43,3228
Asteraceae	*Lessingianthus linearifolius*	-20,2700	-43,3100
Asteraceae	*Lessingianthus macrophyllus*	-19,3949	-40,0719
Asteraceae	*Lessingianthus rosmarinifolius*	-20,2650	-43,3300
Asteraceae	*Lessingianthus warmingianus*	-20,2650	-43,3300
Asteraceae	*Lucilia lycopodioides*	-20,2925	-43,1939
Asteraceae	*Lychnophora pinaster*	-20,2208	-43,4369
Asteraceae	*Mikania campanulata*	-19,7833	-42,6167
Asteraceae	*Mikania glauca*	-20,2624	-43,3349
Asteraceae	*Mikania glomerata*	-19,6719	-39,8828
Asteraceae	*Mikania guillemini*	-19,4956	-40,2211
Asteraceae	*Mikania hirsutissima*	-19,7667	-42,6000
Asteraceae	*Mikania lindbergii*	-19,6645	-42,5586
Asteraceae	*Mikania microphylla*	-20,2625	-43,3350
Asteraceae	*Mikania nummularia*	-20,2806	-43,3117
Asteraceae	*Mikania perhirta*	-19,7764	-42,6272
Asteraceae	*Piptocarpha macropoda*	-19,7764	-42,6272
Asteraceae	*Piptocarpha riedelii*	-19,6719	-39,8828
Asteraceae	*Porophyllum ellipticum*	-19,7333	-42,6167
Asteraceae	*Praxelis clematidea*	-19,7667	-42,6167

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Asteraceae	*Richterago*	-20,2806	-43,3117
Asteraceae	*Senecio adamantinus*	-20,2850	-43,4314
Asteraceae	*Sonchus oleraceus*	-19,7000	-42,5000
Asteraceae	*Sphagneticola trilobata*	-19,7667	-42,6167
Asteraceae	*Symphyopappus*	-20,2624	-43,3349
Asteraceae	*Synedrella nodiflora*	-19,7833	-42,6167
Asteraceae	*Trichogoniopsis adenantha*	-19,6719	-39,8828
Asteraceae	*Tridax procumbens*	-19,4683	-42,5367
Asteraceae	*Trixis antimenorrhoea*	-19,7667	-42,6333
Asteraceae	*Vernonanthura diffusa*	-19,7000	-42,6000
Asteraceae	*Vernonanthura divaricata*	-19,6969	-42,5042
Asteraceae	*Vernonanthura petiolaris*	-19,7000	-42,6000
Asteraceae	*Vernonanthura phosphorica*	-19,7667	-42,6000
Asteraceae	*Vernonia westiniana*	-20,2847	-43,4319
Asteraceae	*Wunderlichia azulensis*	-20,2153	-42,8940
Athyriaceae	*Diplazium cristatum*	-19,4667	-40,0683
Athyriaceae	*Diplazium riedelianum*	-19,4667	-40,0683
Balanophoraceae	*Lophophytum mirabile*	-19,7044	-42,5164
Begoniaceae	*Begonia convolvulacea*	-19,7600	-42,6319
Begoniaceae	*Begonia cucullata*	-18,8889	-41,9061
Begoniaceae	*Begonia hirtella*	-19,3949	-40,0719
Begoniaceae	*Begonia santos-limae*	-19,4956	-40,2211
Bignoniaceae	*Adenocalymma cinereum*	-19,8061	-42,5394
Bignoniaceae	*Adenocalymma coriaceum*	-19,6089	-39,7999
Bignoniaceae	*Adenocalymma cymbalum*	-19,7667	-42,6167
Bignoniaceae	*Adenocalymma macrophyllum*	-19,7667	-42,6386
Bignoniaceae	*Adenocalymma magnoalatum*	-19,6891	-42,5635
Bignoniaceae	*Adenocalymma marginatum*	-19,5667	-39,7833
Bignoniaceae	*Adenocalymma neoflavidum*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Adenocalymma salmoneum*	-19,6719	-39,8828
Bignoniaceae	*Adenocalymma sessile*	-19,7667	-42,6333
Bignoniaceae	*Adenocalymma subsessilifolium*	-19,8055	-42,5215
Bignoniaceae	*Amphilophium bauhinioides*	-19,3914	-40,0722
Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*	-19,4167	-40,0667
Bignoniaceae	*Amphilophium frutescens*	-19,4789	-40,2947
Bignoniaceae	*Anemopaegma chamberlaynii*	-19,3914	-40,0722
Bignoniaceae	*Anemopaegma citrifolium*	-19,5689	-39,7994
Bignoniaceae	*Anemopaegma citrinum*	-19,7667	-42,6000
Bignoniaceae	*Anemopaegma setilobum*	-19,7667	-42,6167
Bignoniaceae	*Arrabidaea conjugata*	-19,5689	-39,7994
Bignoniaceae	*Arrabidaea pubescens*	-19,6891	-42,5635
Bignoniaceae	*Bignonia campanulata*	-19,7600	-42,6319

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Bignoniaceae	*Bignonia corymbosa*	-19,4167	-40,0667
Bignoniaceae	*Bignonia prieurii*	-19,7678	-42,6167
Bignoniaceae	*Bignonia sciuripabulum*	-19,4167	-40,0667
Bignoniaceae	*Campanulata*	-19,7500	-42,6272
Bignoniaceae	*Clytostoma campanulatum*	-19,7044	-42,5164
Bignoniaceae	*Corymbosa*	-19,6456	-39,8239
Bignoniaceae	*Cuspidaria convoluta*	-19,4167	-41,1000
Bignoniaceae	*Cybistax antisyphilitica*	-19,3456	-42,4086
Bignoniaceae	*Dolichandra unguis-cati*	-19,4167	-40,0667
Bignoniaceae	*Fridericia candicans*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Fridericia chica*	-19,5000	-40,2667
Bignoniaceae	*Fridericia conjugata*	-19,3914	-40,0722
Bignoniaceae	*Fridericia patellifera*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Fridericia rego*	-19,7044	-42,5164
Bignoniaceae	*Fridericia speciosa*	-19,7000	-42,5000
Bignoniaceae	*Handroanthus arianeae*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotricha*	-19,7700	-42,6000
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Handroanthus cristatus*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Handroanthus heptaphyllus*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Handroanthus ochraceus*	-19,7667	-42,6000
Bignoniaceae	*Handroanthus riodocensis*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Handroanthus serratifolius*	-19,6719	-39,8828
Bignoniaceae	*Jacaranda bracteata*	-19,5608	-39,8025
Bignoniaceae	*Jacaranda macrantha*	-19,6645	-42,5586
Bignoniaceae	*Jacaranda obovata*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Jacaranda puberula*	-19,5471	-39,8540
Bignoniaceae	*Lundia cordata*	-19,5689	-39,7994
Bignoniaceae	*Lundia corymbifera*	-19,7044	-42,5164
Bignoniaceae	*Lundia longa*	-19,5689	-39,7994
Bignoniaceae	*Lundia nitidula*	-19,7044	-42,5164
Bignoniaceae	*Lundia virginalis*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Manaosella cordifolia*	-19,3289	-42,4067
Bignoniaceae	*Mansoa glaziovii*	-19,7500	-42,6000
Bignoniaceae	*Mussatia prieurei*	-19,7578	-42,4825
Bignoniaceae	*Paratecoma peroba*	-20,2153	-42,8940
Bignoniaceae	*Pyrostegia venusta*	-19,7333	-42,6167
Bignoniaceae	*Sparattosperma leucanthum*	-19,8061	-42,5394
Bignoniaceae	*Tabebuia cassinoides*	-19,6719	-39,8828
Bignoniaceae	*Tabebuia elliptica*	-19,3914	-40,0722
Bignoniaceae	*Tabebuia ochracea*	-19,7333	-42,6167
Bignoniaceae	*Tabebuia roseoalba*	-19,4167	-40,0667

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Bignoniaceae	*Tabebuia stenocalyx*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Tanaecium pyramidatum*	-19,3949	-40,0719
Bignoniaceae	*Xylophragma myrianthum*	-19,7333	-42,6167
Bignoniaceae	*Zeyheria tuberculosa*	-19,3949	-40,0719
Bixaceae	*Bixa arborea*	-19,0854	-42,1684
Bixaceae	*Bixa orellana*	-19,7333	-42,6167
Blechnaceae	*Blechnum occidentale*	-19,5792	-39,7925
Bombacaceae	*Eriotheca globosa*	-19,7728	-42,6261
Bonnetiaceae	*Bonnetia stricta*	-19,3949	-40,0719
Boraginaceae	*Cordia aberrans*	-19,4653	-39,9313
Boraginaceae	*Cordia curassavica*	-19,5800	-39,8000
Boraginaceae	*Cordia fusca*	-19,7667	-42,6000
Boraginaceae	*Cordia silvestris*	-19,7667	-42,6167
Boraginaceae	*Cordia superba*	-19,5792	-39,7925
Boraginaceae	*Cordia taguahyensis*	-19,6719	-39,8828
Boraginaceae	*Cordia trichoclada*	-19,0854	-42,1684
Boraginaceae	*Heliotropium indicum*	-19,7333	-42,6167
Boraginaceae	*Heliotropium procumbens*	-19,5556	-39,8371
Boraginaceae	*Myriopus paniculatus*	-19,7678	-42,6167
Boraginaceae	*Tournefortia bicolor*	-19,3949	-40,0719
Boraginaceae	*Varronia curassavica*	-19,5800	-39,8000
Brassicaceae		-19,6089	-39,7999
Bromeliaceae	*Acanthostachys strobilacea*	-19,7092	-42,5081
Bromeliaceae	*Aechmea blanchetiana*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Aechmea bromeliifolia*	-19,3914	-40,0722
Bromeliaceae	*Aechmea capixabae*	-19,5100	-40,3311
Bromeliaceae	*Aechmea lamarchei*	-19,3914	-40,0722
Bromeliaceae	*Aechmea lingulata*	-19,5535	-39,8193
Bromeliaceae	*Aechmea maasii*	-19,3914	-40,0722
Bromeliaceae	*Aechmea nudicaulis*	-19,7803	-42,6239
Bromeliaceae	*Aechmea nudicaulis cuspidata*	-19,7667	-42,4700
Bromeliaceae	*Aechmea patentissima*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Aechmea phanerophlebia*	-19,7803	-42,6239
Bromeliaceae	*Aechmea ramosa*	-19,7050	-42,5019
Bromeliaceae	*Aechmea saxicola*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Billbergia euphemiae*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Billbergia euphemiae nudiflora*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Billbergia iridifolia*	-19,7886	-42,5056
Bromeliaceae	*Billbergia leptopoda*	-18,8511	-41,9494
Bromeliaceae	*Billbergia minarum*	-18,8511	-41,9494
Bromeliaceae	*Billbergia pyramidalis*	-19,6667	-42,5637
Bromeliaceae	*Bromelia antiacantha*	-19,6719	-39,8828

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Bromeliaceae	*Bromelia regnellii*	-19,7789	-42,4861
Bromeliaceae	*Cryptanthus luncker*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Dyckia saxatilis*	-20,2097	-43,4648
Bromeliaceae	*Hohenbergia augusta*	-19,5792	-39,7925
Bromeliaceae	*Neoregelia cruenta*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Neoregelia oligantha*	-19,6667	-42,5637
Bromeliaceae	*Neoregelia pascoalina*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Nidularium longiflorum*	-19,5100	-40,3311
Bromeliaceae	*Pseudananas sagenarius*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Quesnelia*	-19,6089	-39,7999
Bromeliaceae	*Tillandsia gardneri*	-19,5579	-39,8325
Bromeliaceae	*Tillandsia globosa*	-19,6719	-39,8828
Bromeliaceae	*Tillandsia polystachia*	-19,7803	-42,6239
Bromeliaceae	*Tillandsia stricta*	-19,5061	-39,8875
Bromeliaceae	*Tillandsia usneoides*	-19,5792	-39,7925
Bromeliaceae	*Vriesea carinata*	-19,6891	-42,5635
Bromeliaceae	*Vriesea longistaminea*	-19,4906	-40,9372
Bromeliaceae	*Vriesea neoglutinosa*	-19,3914	-40,0722
Bromeliaceae	*Vriesea parviflora*	-19,5100	-40,3311
Bromeliaceae	*Vriesea procera*	-19,7803	-42,6239
Bromeliaceae	*Vriesea procera rubra*	-19,6719	-39,8828
Bryaceae	*Bryum argenteum*	-18,8511	-41,9494
Burseraceae	*Crepidospermum atlanticum*	-19,3949	-40,0719
Burseraceae	*Protium brasiliense*	-19,3949	-40,0719
Burseraceae	*Protium heptaphyllum*	-19,6719	-39,8828
Burseraceae	*Protium icicariba*	-19,6719	-39,8828
Burseraceae	*Protium warmingianum*	-19,3949	-40,0719
Cactaceae	*Brasiliopuntia brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Cereus fernambucensis*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Coleocephalocereus fluminensis*	-19,4550	-41,0958
Cactaceae	*Hylocereus setaceus*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Lepismium cruciforme*	-19,6645	-42,5586
Cactaceae	*Lepismium houlletianum*	-19,6645	-42,5586
Cactaceae	*Opuntia brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Pereskia aculeata*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Pereskia grandifolia*	-20,2383	-42,8756
Cactaceae	*Pilosocereus arrabidae*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Pilosocereus brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Cactaceae	*Pilosocereus brasiliensis ruschianus*	-19,5300	-40,3600
Cactaceae	*Rhipsalis floccosa*	-19,5792	-39,7925
Cactaceae	*Rhipsalis teres*	-19,7678	-42,6167
Cactaceae	*Selenicereus setaceus*	-19,6719	-39,8828

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Caesalpiniaceae	*Barnebydendron riedelii*	-19,4208	-40,0673
Calophyllaceae	*Kielmeyera albopunctata*	-19,6719	-39,8828
Calophyllaceae	*Kielmeyera membranacea*	-19,6719	-39,8828
Campanulaceae	*Centropogon cornutus*	-19,5579	-39,8325
Campanulaceae	*Lobelia*	-20,2624	-43,3349
Cannabaceae	*Celtis iguanae*	-19,4956	-40,2300
Cannabaceae	*Celtis iguanaea*	-19,3949	-40,0719
Cannaceae	*Canna glauca*	-19,3914	-40,0722
Cannaceae	*Canna indica*	-19,5792	-39,7925
Cannaceae	*Canna paniculata*	-19,7000	-42,5000
Capparaceae	*Capparidastrum baducca*	-19,6719	-39,8828
Capparaceae	*Capparidastrum frondosum*	-19,6719	-39,8828
Capparaceae	*Capparis*	-19,5836	-42,5756
Capparaceae	*Cleome aculeata*	-19,7864	-42,5992
Capparaceae	*Crataeva*	-19,5792	-39,7925
Capparaceae	*Cynophalla flexuosa*	-19,6089	-39,7999
Capparaceae	*Mesocapparis lineata*	-19,6719	-39,8828
Caricaceae	*Carica papaya*	-19,7333	-42,5000
Caryocaraceae	*Caryocar edule*	-19,3949	-40,0719
Caryophyllaceae	*Paronychia*	-19,5556	-39,8371
Celastraceae	*Cheiloclinium serratum*	-19,7667	-42,6000
Celastraceae	*Maytenus distichophylla*	-19,6456	-39,8239
Celastraceae	*Maytenus macrophylla*	-19,3949	-40,0719
Celastraceae	*Maytenus Molina*	-19,5056	-40,2822
Celastraceae	*Maytenus obtusifolia*	-19,5689	-39,7994
Celastraceae	*Maytenus robusta*	-19,7561	-42,6203
Celastraceae	*Maytenus salicifolia*	-19,7561	-42,6203
Celastraceae	*Maytenus schumanniana*	-19,3914	-40,0722
Celastraceae	*Peritassa calypsoides*	-19,3949	-40,0719
Celastraceae	*Peritassa flaviflora*	-20,2084	-43,4371
Celastraceae	*Salacia arborea*	-19,6719	-39,8828
Celastraceae	*Tontelea leptophylla*	-19,6645	-42,5586
Celastraceae	*Tontelea martiana*	-20,2153	-42,8940
Celastraceae	*Tontelea miersii*	-19,7044	-42,5164
Characeae	*Chara globularis leptosperma*	-19,4100	-40,0658
Chrysobalanaceae	*Chrysobalanus icaco*	-19,6719	-39,8828
Chrysobalanaceae	*Couepia belemii*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Couepia carautae*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Couepia schottii*	-19,6456	-39,8239
Chrysobalanaceae	*Exellodendron gracile*	-19,6456	-39,8239
Chrysobalanaceae	*Hirtella bahiensis*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Hirtella corymbosa*	-19,3914	-40,0722

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Chrysobalanaceae	*Hirtella gracilipes*	-19,5542	-42,5217
Chrysobalanaceae	*Hirtella hebeclada*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Hirtella insignis*	-19,6693	-39,8854
Chrysobalanaceae	*Hirtella martiana*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Hirtella sprucei*	-19,4667	-40,0703
Chrysobalanaceae	*Hirtella triandra*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania arianeae*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania belemii*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania heteromorpha*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania kunthiana*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania littoralis*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania naviculistipula*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Licania octandra*	-19,7667	-42,6000
Chrysobalanaceae	*Licania salzmannii*	-19,3949	-40,0719
Chrysobalanaceae	*Moquilea salzmanni*	-19,4956	-40,2211
Chrysobalanaceae	*Parinari excelsa*	-19,3949	-40,0719
Cladomiaceae	*Cladina*	-19,3917	-40,0725
Cladomiaceae	*ClaDomia*	-19,3917	-40,0725
Clusiaceae	*Calophyllum brasiliensis*	-19,5061	-39,8875
Clusiaceae	*Clusia hilariana*	-19,6719	-39,8828
Clusiaceae	*Clusia spiritu-sanctensis*	-19,4956	-40,2211
Clusiaceae	*Garcinia brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Clusiaceae	*Symphonia globulifera*	-19,5571	-39,8573
Clusiaceae	*Tovomita brasiliensis*	-19,5147	-40,7758
Clusiaceae	*Tovomita riedeliana*	-19,4667	-40,0717
Combretaceae	*Combretum fruticosum*	-19,4894	-40,3040
Combretaceae	*Terminalia januariensis*	-20,2153	-42,8940
Combretaceae	*Terminalia kuhlmannii*	-20,2153	-42,8940
Commelinaceae	*Commelina diffusa*	-19,7000	-42,5000
Commelinaceae	*Commelina schomburgkiana*	-19,7883	-42,6000
Commelinaceae	*Dichorisandra albomarginata*	-19,5792	-39,7925
Commelinaceae	*Dichorisandra hexandra*	-19,7500	-42,6333
Commelinaceae	*Dichorisandra penduliflora*	-19,5000	-40,6167
Commelinaceae	*Dichorisandra thyrsiflora*	-19,3914	-40,0722
Commelinaceae	*Dichorisandra velutina*	-19,5061	-39,8875
Commelinaceae	*Dichorisandra villosula*	-19,7044	-42,5164
Commelinaceae	*Tradescantia zanonia*	-19,7044	-42,5164
Connaraceae	*Connarus microstrigosa*	-19,7667	-42,6000
Connaraceae	*Connarus nodosus*	-19,3949	-40,0719
Connaraceae	*Rourea gardneriana*	-19,3949	-40,0719
Connaraceae	*Rourea glabra*	-19,5800	-39,8000
Convolvulaceae	*Evolvulus genistoides*	-19,3914	-40,0722

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Convolvulaceae	*Evolvulus maximiliani*	-19,3914	-40,0722
Convolvulaceae	*Ipomoea imperati*	-19,6719	-39,8828
Convolvulaceae	*Ipomoea nil*	-19,7667	-42,6167
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	-19,5792	-39,7925
Convolvulaceae	*Ipomoea saopaulista*	-19,7667	-42,6167
Convolvulaceae	*Jacquemontia glaucescens*	-19,3914	-40,0722
Convolvulaceae	*Jacquemontia tamnifolia*	-18,8549	-41,9493
Convolvulaceae	*Operculina macrocarpa*	-19,6693	-39,8854
Convolvulaceae	*Ipomoea grandifolia*	-18,8549	-41,9493
Convolvulaceae	*Ipomoea quamoclit*	-18,8549	-41,9493
Costaceae	*Costus arabicus*	-19,3914	-40,0722
Cucurbitaceae	*Cayaponia rugosa*	-20,2624	-43,3349
Cucurbitaceae	*Cayaponia trifoliolata*	-19,3949	-40,0719
Cucurbitaceae	*Cucumis anguria*	-18,8511	-41,9492
Cucurbitaceae	*Fevillea trilobata*	-19,3949	-40,0719
Cucurbitaceae	*Gurania sellowiana*	-19,5689	-39,7994
Cucurbitaceae	*Gurania tricuspidata*	-19,6719	-39,8828
Cucurbitaceae	*Melothria pendula*	-19,7044	-42,5164
Cucurbitaceae	*Psiguria ternata*	-19,3949	-40,0719
Cyperaceae	*Bulbostylis capillaris*	-19,5556	-39,8371
Cyperaceae	*Cyperus giganteus*	-19,3914	-40,0722
Cyperaceae	*Cyperus haspan*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Cyperus luzulae*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Eleocharis geniculata*	-19,7667	-42,6000
Cyperaceae	*Eleocharis minima*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Eleocharis montana*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Eleocharis plicarhachis*	-19,7558	-42,6206
Cyperaceae	*Eleocharis sellowiana*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Fuirena*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Mariscus pedunculatus*	-19,6456	-39,8239
Cyperaceae	*Rhynchospora corymbosa*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Rhynchospora exaltata*	-19,8053	-42,5214
Cyperaceae	*Rhynchospora holoschoenoides*	-19,7667	-42,6000
Cyperaceae	*Rhynchospora tenuis*	-19,6719	-39,8828
Cyperaceae	*Rhysichisflora*	-19,6719	-39,8828
Cyperaceae	*Schoenoplectus californicus*	-19,3914	-40,0722
Cyperaceae	*Scleria mitis*	-19,7333	-42,6167
Cyperaceae	*Scleria myricocarpa*	-19,7667	-42,6000
Cyperaceae	*Scleria secans*	-19,7667	-42,6000
Dennstaedtiaceae	*Pteridium arachnoideum*	-19,7667	-42,6000
Dichapetalaceae	*Stephanopodium blanchetianum*	-19,3949	-40,0719
Dilleniaceae	*Davilla flexuosa*	-19,6719	-39,8828

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Dilleniaceae	*Davilla kunthii*	-19,6719	-39,8828
Dilleniaceae	*Davilla latifolia*	-19,8000	-42,6167
Dilleniaceae	*Davilla macrocarpa*	-19,3914	-40,0722
Dilleniaceae	*Davilla morii*	-19,3914	-40,0722
Dilleniaceae	*Davilla rugosa*	-19,7667	-42,6000
Dilleniaceae	*Doliocarpus*	-19,7667	-42,6000
Dilleniaceae	*Tetracera boomii*	-19,6719	-39,8828
Dioscoreaceae	*Dioscorea dodecaneura*	-19,7908	-42,4956
Dryopteridaceae	*Ctenitis aspidioides*	-20,2084	-43,4371
Dryopteridaceae	*Ctenitis submarginalis*	-19,5792	-39,7925
Dryopteridaceae	*Cyclodium heteroDom*	-19,3348	-41,3197
Dryopteridaceae	*Cyclodium meniscioides meniscioides*	-19,2784	-41,3741
Dryopteridaceae	*Didymochlaena truncatula*	-19,4667	-40,0683
Dryopteridaceae	*Lastreopsis amplissima*	-19,2784	-41,3741
Dryopteridaceae	*Lastreopsis effusa*	-19,7000	-42,5000
Dryopteridaceae	*Polybotrya osmundacea*	-19,2784	-41,3741
Dryopteridaceae	*Polybotrya speciosa*	-19,4667	-40,0683
Ebenaceae	*Diospyros brasiliensis*	-19,6765	-39,9164
Ebenaceae	*Diospyros inconstans*	-20,2153	-42,8940
Elaeocarpaceae	*Sloanea eichleri*	-19,5250	-39,9029
Elaeocarpaceae	*Sloanea guianensis*	-19,8061	-42,5394
Elaeocarpaceae	*Sloanea obtusifolia*	-19,3949	-40,0719
Ericaceae	*Agarista revoluta*	-19,6719	-39,8828
Ericaceae	*Gaylussacia brasiliensis*	-19,3949	-40,0719
Eriocaulaceae	*Actinocephalus ramosus*	-19,3914	-40,0722
Eriocaulaceae	*Eriocaulon elichrysoides*	-19,3914	-40,0722
Eriocaulaceae	*Paepalanthus planifolius*	-20,2800	-43,3100
Eriocaulaceae	*Paepalanthus tortilis*	-19,3914	-40,0722
Erythroxylaceae	*Erythroxylum ambiguum*	-20,2153	-42,8940
Erythroxylaceae	*Erythroxylum citrifolium*	-19,3914	-40,0722
Erythroxylaceae	*Erythroxylum citrifolium minus*	-19,7561	-42,6203
Erythroxylaceae	*Erythroxylum coelophlebium*	-19,6693	-39,8854
Erythroxylaceae	*Erythroxylum ectinocalyx*	-19,5736	-39,7933
Erythroxylaceae	*Erythroxylum grandifolium*	-19,4900	-40,2058
Erythroxylaceae	*Erythroxylum hamigerum*	-19,6719	-39,8828
Erythroxylaceae	*Erythroxylum macrophyllum*	-19,3914	-40,0722
Erythroxylaceae	*Erythroxylum passerinum*	-19,6089	-39,7999
Erythroxylaceae	*Erythroxylum pelleterianum*	-19,7561	-42,6203
Erythroxylaceae	*Erythroxylum pulchrum*	-19,3914	-40,0722
Erythroxylaceae	*Erythroxylum suberosum*	-20,2500	-43,0000
Erythroxylaceae	*Erythroxylum subrotundum*	-19,7978	-42,5525
Erythroxylaceae	*Erythroxylum tenue*	-19,3949	-40,0719

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Euphorbiaceae	*Actinostemon klotzschii*	-19,6969	-42,5042
Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	-19,3949	-40,0719
Euphorbiaceae	*Alchornea triplinervia*	-19,5745	-39,7872
Euphorbiaceae	*Aparisthmium cordatum*	-19,7561	-42,6203
Euphorbiaceae	*Bernardia axillaris*	-19,3949	-40,0719
Euphorbiaceae	*Caperonia palustris*	-20,2153	-42,8940
Euphorbiaceae	*Croton glandulosus*	-19,7667	-42,6167
Euphorbiaceae	*Croton lundianus*	-19,5147	-40,7758
Euphorbiaceae	*Croton pseudopopulus*	-19,5579	-39,8325
Euphorbiaceae	*Croton urucurana*	-19,5061	-39,8875
Euphorbiaceae	*Dalechampia ficifolia*	-19,3914	-40,0722
Euphorbiaceae	*Euphorbia bahiensis*	-19,6719	-39,8828
Euphorbiaceae	*Euphorbia hyssopifolia*	-19,3914	-40,0722
Euphorbiaceae	*Gymnanthes multiramea*	-19,3949	-40,0719
Euphorbiaceae	*Joannesia princeps*	-19,4209	-39,9774
Euphorbiaceae	*Mabea brasiliensis*	-19,4956	-40,2211
Euphorbiaceae	*Mabea fistulifera*	-19,7833	-42,6167
Euphorbiaceae	*Manihot esculenta*	-19,6719	-39,8828
Euphorbiaceae	*Manihot tripartita*	-19,3914	-40,0722
Euphorbiaceae	*Microstachys*	-19,5650	-39,7746
Euphorbiaceae	*Paradrypetis ilicifolia*	-19,6969	-42,5042
Euphorbiaceae	*Pera heteranthera*	-19,7978	-42,5525
Euphorbiaceae	*Pera leandri*	-19,8050	-42,5431
Euphorbiaceae	*Pera leandrii*	-19,7700	-42,6000
Euphorbiaceae	*Pogonophora schomburgkiana*	-19,7561	-42,6203
Euphorbiaceae	*Rhodothyrsus macrophylla*	-19,7667	-42,6000
Euphorbiaceae	*Sapium glandulatum*	-19,5744	-39,7872
Euphorbiaceae	*Sebastiania glandulosa*	-19,6719	-39,8828
Euphorbiaceae	*Senefeldera multiflora*	-19,7667	-42,6000
Euphorbiaceae	*Senefeldera verticillata*	-19,7044	-42,5164
Euphorbiaceae	*Tragia*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Abarema barnebyana*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Abarema brachystachya*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Abarema cochliacarpos*	-19,3942	-41,1703
Fabaceae	*Abarema filamentosa*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Abarema jupunba*	-19,4333	-39,7417
Fabaceae	*Abarema limae*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Abarema obovata*	-19,6645	-42,5586
Fabaceae	*Acacia polyphylla giganticarpa*	-20,2500	-42,9000
Fabaceae	*Acosmium*	-19,4209	-39,9774
Fabaceae	*Aeschynomene elegans*	-20,2306	-43,4242
Fabaceae	*Aeschynomene fluminensis*	-19,7883	-42,5850

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva*	-19,7333	-42,6167
Fabaceae	*Albizia polycephala*	-19,3269	-41,2625
Fabaceae	*Amburana cearensis*	-20,2700	-42,9200
Fabaceae	*Anadenanthera colubrina*	-20,2086	-43,4361
Fabaceae	*Anadenanthera macrocarpa*	-20,2447	-42,8958
Fabaceae	*Anadenanthera peregrina*	-19,3389	-41,2772
Fabaceae	*Andira fraxinifolia*	-19,6456	-39,8239
Fabaceae	*Andira nitida*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Andira vermifuga*	-19,3300	-42,4000
Fabaceae	*Apuleia leiocarpa*	-19,3919	-40,0725
Fabaceae	*Apuleia molaris*	-19,7333	-42,6000
Fabaceae	*Balizia pedicellaris*	-19,4333	-39,7417
Fabaceae	*Bauhinia forficata*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Bauhinia longifolia*	-19,7667	-42,6167
Fabaceae	*Bauhinia rufa*	-19,7800	-42,6200
Fabaceae	*Bowdichia virgilioides*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Caesalpinia echinata*	-19,4033	-40,0900
Fabaceae	*Caesalpinia ferrea*	-19,4209	-39,9774
Fabaceae	*Caesalpinia leiostachya*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Canavalia rosea*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Cassia ensiformis ensiformis*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Centrolobium tomentosum*	-20,2700	-42,9200
Fabaceae	*Centrosema virginianum*	-19,5608	-39,8025
Fabaceae	*Chamaecrista aspleniifolia*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Chamaecrista ensiformis*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Chamaecrista flexuosa*	-19,5833	-39,8000
Fabaceae	*Chamaecrista nictitans*	-19,5579	-39,8325
Fabaceae	*Chamaecrista ramosa*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Chamaecrista rotundifolia*	-19,4721	-42,5368
Fabaceae	*Chloroleucon extortum*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Cleobulia multiflora*	-19,7500	-42,6333
Fabaceae	*Clitoria laurifolia*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Clitoria selloi*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Copaifera langsdorffii*	-19,8000	-42,6167
Fabaceae	*Copaifera oblongifolia*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Cratylia hypargyrea*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Dalbergia elegans*	-19,3949	-40,0722
Fabaceae	*Dalbergia foliolosa*	-19,7000	-42,6200
Fabaceae	*Dalbergia frutescens*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Dalbergia glaucescens*	-19,7000	-42,6200
Fabaceae	*Dalbergia nigra*	-19,4370	-40,0815
Fabaceae	*Desmodium axillare*	-19,7778	-42,6167

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Fabaceae	*Desmodium incanum*	-19,7333	-42,6167
Fabaceae	*Desmodium tortuosum*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Desmodium uncinatum*	-19,7833	-42,6167
Fabaceae	*Dialium guianense*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Dimorphandra jorgei*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Dioclea violaceae*	-19,6456	-39,8239
Fabaceae	*Dioclea virgata*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Diplotropis*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Erythrina fusca*	-19,6467	-39,8239
Fabaceae	*Erythrina speciosa*	-19,5571	-39,8573
Fabaceae	*Erythrina verna*	-19,7667	-42,4667
Fabaceae	*Exostyles venusta*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Galactia striata*	-19,4333	-40,0833
Fabaceae	*Grazielodendron rio-docensis*	-19,4250	-40,0456
Fabaceae	*Hymenaea aurea*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Hymenaea courbaril*	-19,6800	-42,6300
Fabaceae	*Hymenolobium janeirense*	-19,6800	-42,6300
Fabaceae	*Indigofera suffruticosa*	-18,8549	-41,9493
Fabaceae	*Inga bullata*	-19,6800	-42,6300
Fabaceae	*Inga cabelo*	-19,4468	-40,0803
Fabaceae	*Inga capitata*	-19,6969	-42,5042
Fabaceae	*Inga cylindrica*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Inga edulis*	-19,3506	-41,2564
Fabaceae	*Inga exfoliata*	-19,3949	-40,0722
Fabaceae	*Inga fagifolia*	-19,5579	-39,8325
Fabaceae	*Inga flagelliformis*	-19,7667	-42,6000
Fabaceae	*Inga hispida*	-19,2900	-41,4017
Fabaceae	*Inga laurina*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Inga leptantha*	-19,7778	-42,6147
Fabaceae	*Inga luschnathiana*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Inga sellowiana*	-19,5800	-42,5700
Fabaceae	*Inga subnuda*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Inga thibaudiana*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Inga unica*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Inga vera affinis*	-19,7908	-42,4956
Fabaceae	*Lonchocarpus cultratus*	-18,8549	-41,9493
Fabaceae	*Lonchocarpus guillemineanus*	-18,8549	-41,9493
Fabaceae	*Lonchocarpus muehlbergianus*	-20,2700	-42,9200
Fabaceae	*Lonchocarpus sericeus*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Machaerium aculeatum*	-19,6456	-39,8239
Fabaceae	*Machaerium brasiliense*	-19,8000	-42,6167
Fabaceae	*Machaerium fulvovenosum*	-19,5800	-42,5700

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Fabaceae	*Machaerium hirtum*	-18,8549	-41,9493
Fabaceae	*Machaerium nyctitans*	-19,4800	-42,4700
Fabaceae	*Machaerium oblongifolium*	-19,4956	-40,2211
Fabaceae	*Machaerium ruddianum*	-20,2086	-43,4361
Fabaceae	*Machaerium stipitatum*	-19,7300	-42,6000
Fabaceae	*Melanoxylon brauna*	-19,6800	-42,6300
Fabaceae	*Mimosa dolens*	-20,2253	-43,3731
Fabaceae	*Mimosa extensa*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Mimosa velloziana*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Mucuna*	-19,5792	-39,7925
Fabaceae	*Myrocarpus frondosus*	-19,6800	-42,6300
Fabaceae	*Myroxylon peruiferum*	-19,4800	-42,4700
Fabaceae	*Newtonia*	-19,7833	-42,6000
Fabaceae	*Ormosia arborea*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Parapiptadenia pterosperma*	-19,4956	-40,2211
Fabaceae	*Phanera microstachya*	-19,6891	-42,5635
Fabaceae	*Piptadenia adiantoides*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	-19,0300	-42,1300
Fabaceae	*Piptadenia warmingii*	-19,7037	-42,5153
Fabaceae	*Pithecellobium*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Pityrocarpa moniliformis*	-19,3389	-41,2772
Fabaceae	*Plathymenia reticulata*	-19,0300	-42,1300
Fabaceae	*Platyciamus regnelli*	-19,6167	-42,5000
Fabaceae	*Platypodium elegans*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Pseudopiptadenia contorta*	-19,6765	-39,9164
Fabaceae	*Pterogyne nitens*	-19,0300	-42,1300
Fabaceae	*Samanea inopinata*	-19,3942	-41,1703
Fabaceae	*Senegalia giganticarpa*	-20,0506	-42,7756
Fabaceae	*Senegalia polyphylla*	-20,2500	-42,9000
Fabaceae	*Senegalia tenuifolia*	-19,3808	-41,2956
Fabaceae	*Senna affinis*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Senna angulata*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Senna australis*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Senna multijuga*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Senna pendula*	-19,4956	-40,2211
Fabaceae	*Senna spectabilis*	-20,2086	-43,4361
Fabaceae	*Senna splendida*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Stryphnodendron adstringens*	-19,3533	-41,2889
Fabaceae	*Stryphnodendron polyphyllum*	-20,2086	-43,4361
Fabaceae	*Stylosanthes scabra*	-19,3914	-40,0722
Fabaceae	*Stylosanthes viscosa*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Swartzia acutifolia*	-20,2700	-42,9200

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Fabaceae	*Swartzia apetala*	-19,6456	-39,8239
Fabaceae	*Swartzia apetala glabra*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Swartzia flaemingii*	-19,4800	-42,4700
Fabaceae	*Swartzia myrtifolia*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Swartzia myrtifolia elegans*	-19,4635	-40,0718
Fabaceae	*Swartzia oblata*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Swartzia riedelii*	-20,2084	-43,4371
Fabaceae	*Swartzia simplex*	-20,2857	-43,0655
Fabaceae	*Tachigali denudata*	-19,5800	-42,5700
Fabaceae	*Tachigali pilgeriana*	-20,2086	-43,4361
Fabaceae	*Tachigali rugosa*	-19,7725	-42,6272
Fabaceae	*Tachigali vulgaris*	-20,2086	-43,4361
Fabaceae	*Vachellia robusta*	-19,4200	-41,1000
Fabaceae	*Zollernia falcata*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Zollernia glabra*	-19,6719	-39,8828
Fabaceae	*Zollernia ilicifolia*	-19,5836	-42,5756
Fabaceae	*Zollernia splendens*	-19,4635	-40,0718
Fabaceae	*Zornia latifolia*	-19,7667	-42,6167
Fabaceae	*Zygia latifolia*	-19,3949	-40,0719
Fabaceae	*Zygia latifolia glabrata*	-19,6807	-42,5387
Flacourtiaceae	*Casearia decandra*	-19,6969	-42,5042
Flacourtiaceae	*Kuhlmanniodendron apterocarpum*	-19,5072	-39,8872
Flacourtiaceae	*Prockia crucis*	-18,8511	-41,9492
Gentianaceae	*Irlbachia purpurascens*	-19,3914	-40,0722
Gentianaceae	*Voyria aphylla*	-19,4303	-39,9464
Gentianaceae	*Voyria flavescens*	-19,3914	-40,0722
Gesneriaceae	*CoDomanthe gibbosa*	-19,5147	-40,7758
Gesneriaceae	*Paliavana prasinata*	-19,4956	-40,2211
Gesneriaceae	*Seemannia sylvatica*	-19,5147	-40,7758
Gesneriaceae	*Sinningia allagophylla*	-20,2625	-43,3350
Goodeniaceae	*Scaevola plumieri*	-19,6719	-39,8828
Heliconiaceae	*Heliconia aemygdiana*	-19,7050	-42,5200
Heliconiaceae	*Heliconia angusta*	-19,6645	-42,5586
Heliconiaceae	*Heliconia episcopalis*	-19,5072	-39,8872
Heliconiaceae	*Heliconia psittacorum*	-19,6719	-39,8828
Heliconiaceae	*Heliconia richardiana*	-19,3914	-40,0722
Heliconiaceae	*Heliconia spatho-circinata*	-19,3914	-40,0722
Hernandiaceae	*Sparattanthelium*	-19,3949	-40,0719
Hernandiaceae	*Sparattanthelium tupiniquinorum*	-19,3949	-40,0719
Hippocrateaceae	*Cheiloclinium cognatum*	-19,3456	-42,4086
Hippocrateaceae	*Hippocratea volubilis*	-19,5650	-39,7746
Humiriaceae	*Humiriastrum dentatum*	-19,7758	-42,6028

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Humiriaceae	*Sacoglottis mattogrossensis*	-19,3914	-40,0722
Hydrophyllaceae	*Hydrolea spinosa*	-19,4564	-39,9231
Hymenophyllaceae	*Abrodictyum rigidum*	-19,2783	-41,3729
Hymenophyllaceae	*Hymenophyllum polyanthos*	-19,2784	-41,3741
Hymenophyllaceae	*Polyphlebium diaphanum*	-19,2585	-41,3735
Hymenophyllaceae	*Trichomanes elegans*	-19,2783	-41,3729
Hymenophyllaceae	*Trichomanes pilosum*	-19,2783	-41,3729
Hymenophyllaceae	*Trichomanes polypodioides*	-19,2783	-41,3729
Hymenophyllaceae	*Trichomanes radicans*	-19,7000	-42,5000
Hypericaceae	*Vismia brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Hypericaceae	*Vismia martiana*	-19,3914	-40,0722
Iridaceae	*Neomarica silvestris*	-20,2153	-42,8940
Iridaceae	*Sisyrinchium vaginatum*	-20,2625	-43,3350
Jubulaceae	*Frullania*	-18,8511	-41,9494
Lacistemataceae	*Lacistema pubescens*	-19,4683	-42,5367
Lacistemataceae	*Lacistema recurvum*	-19,6719	-39,8828
Lacistemataceae	*Lacistema robustum*	-19,3949	-40,0719
Lamiaceae	*Aeegiphila fluminensis*	-19,3949	-40,0719
Lamiaceae	*Aegiphila fluminensis*	-19,6719	-39,8828
Lamiaceae	*Aegiphila integrifolia*	-19,4956	-40,2211
Lamiaceae	*Cantinoa mutabilis*	-19,7833	-42,6167
Lamiaceae	*Clerodendrum*	-19,3949	-40,0719
Lamiaceae	*Hyptis microphylla*	-19,7908	-42,4956
Lamiaceae	*Hyptis mutabilis*	-19,7833	-42,6167
Lamiaceae	*Hyptis paludosa*	-19,7667	-42,6000
Lamiaceae	*Hyptis sinuata*	-19,7667	-42,6000
Lamiaceae	*Hyptis suaveolens*	-19,7667	-42,6167
Lamiaceae	*Marsypianthes chamaedrys*	-19,7678	-42,6167
Lamiaceae	*Ocimum*	-19,4956	-40,2211
Lamiaceae	*Salvia*	-19,4683	-42,5367
Lamiaceae	*Scutellaria racemosa*	-19,7333	-42,6000
Lamiaceae	*Vitex polygama*	-19,6719	-39,8828
Lauraceae	*Aniba affinis*	-19,7000	-42,5000
Lauraceae	*Aniba canelilla*	-19,7764	-42,6272
Lauraceae	*Aniba firmula*	-19,7333	-42,6000
Lauraceae	*Cassytha filiformis*	-19,3914	-40,0722
Lauraceae	*Cinnamomum*	-19,4167	-40,0667
Lauraceae	*Cryptocarya mandioccana*	-19,7625	-42,6222
Lauraceae	*Endlicheria glomerata*	-19,7667	-42,6000
Lauraceae	*Licaria bahiana*	-19,3914	-40,0722
Lauraceae	*Licaria debilis*	-19,6969	-42,5042
Lauraceae	*Nectandra cuspidata*	-19,5061	-39,8875

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Lauraceae	*Nectandra dubia*	-19,6645	-42,5586
Lauraceae	*Nectandra grandiflora*	-19,6645	-42,5586
Lauraceae	*Nectandra membranacea*	-19,7667	-42,6167
Lauraceae	*Nectandra nitidula*	-20,2710	-43,4036
Lauraceae	*Nectandra oppositifolia*	-19,5061	-39,8875
Lauraceae	*Nectandra psammophila*	-19,5833	-39,8000
Lauraceae	*Nectandra purpurea*	-19,4303	-39,9464
Lauraceae	*Ocotea aciphylla*	-20,2350	-43,4121
Lauraceae	*Ocotea arenicola*	-19,6719	-39,8828
Lauraceae	*Ocotea brachybotria*	-19,5911	-42,5686
Lauraceae	*Ocotea divaricata*	-19,7000	-42,5000
Lauraceae	*Ocotea glauca*	-19,6719	-39,8828
Lauraceae	*Ocotea glaziovii*	-19,3914	-40,0722
Lauraceae	*Ocotea glomerata*	-19,3914	-40,0722
Lauraceae	*Ocotea lobbii*	-19,6719	-39,8828
Lauraceae	*Ocotea nitida*	-19,7500	-42,6272
Lauraceae	*Ocotea notata*	-19,4333	-39,7417
Lauraceae	*Ocotea nutans*	-19,5689	-39,7994
Lauraceae	*Ocotea odorifera*	-20,2153	-42,8940
Lauraceae	*Ocotea paulensis*	-19,6891	-42,5635
Lauraceae	*Ocotea polyantha*	-19,6693	-39,8854
Lauraceae	*Ocotea pretiosa*	-19,3949	-40,0719
Lauraceae	*Ocotea puberula*	-19,5579	-39,8325
Lauraceae	*Ocotea pulchella*	-19,7667	-42,6000
Lauraceae	*Ocotea reticulata*	-19,4167	-40,0667
Lauraceae	*Ocotea spectabilis*	-19,4333	-40,0002
Lauraceae	*Persea rufotomentosa*	-19,6645	-42,5586
Lauraceae	*Pleurothyrium amplifolium*	-19,3456	-42,4086
Lauraceae	*Rhodostemonodaphne*	-19,7833	-42,6000
Lauraceae	*Rhodostemonodaphne capixabensis*	-19,6456	-39,8239
Lauraceae	*Urbanodendron verrucosum*	-19,8053	-42,5214
Lecythidaceae	*Cariniana estrellensis*	-19,5792	-39,7925
Lecythidaceae	*Cariniana legalis*	-19,7147	-42,5028
Lecythidaceae	*Couratari asterophora*	-19,4200	-40,0700
Lecythidaceae	*Couratari asterotricha*	-19,4200	-40,0700
Lecythidaceae	*Couratari pedicellaris*	-19,5067	-40,6117
Lecythidaceae	*Eschweilera ovata*	-19,6719	-39,8828
Lecythidaceae	*Lecythis lurida*	-19,6645	-42,5586
Lecythidaceae	*Lecythis marcgraaviana*	-19,4200	-40,0700
Lejeuneaceae	*Schiffneriolejeunea*	-19,7500	-42,6167
Lentibulariaceae	*Utricularia foliosa*	-20,2153	-42,8940
Lentibulariaceae	*Utricularia nervosa*	-20,2644	-43,3377

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Lindsaeaceae	*Lindsaea arcuata*	-19,2783	-41,3728
Lindsaeaceae	*Lindsaea stricta*	-19,3914	-40,0722
Loganiaceae	*Spigelia luciatlantica*	-19,7678	-42,6369
Loganiaceae	*Strychnos acuta*	-19,3949	-40,0719
Loganiaceae	*Strychnos atlantica*	-19,3914	-40,0722
Loganiaceae	*Strychnos recognita*	-19,3949	-40,0719
Loranthaceae	*Passovia podoptera*	-19,4683	-42,5367
Loranthaceae	*Phthirusa podoptera*	-19,7525	-42,6331
Loranthaceae	*Psittacanthus dichrous*	-19,6719	-39,8828
Loranthaceae	*Struthanthus marginatus*	-19,4956	-40,2211
Lycopodiaceae	*Lycopodiella cernua*	-19,3914	-40,0722
Lycopodiaceae	*Palhinhaea cernua*	-19,7000	-42,6000
Lycopodiaceae	*Pseudolycopodiella eichleri*	-20,2084	-43,4371
Lythraceae	*Cuphea carthagenensis*	-19,5792	-39,7925
Lythraceae	*Cuphea flava*	-19,3914	-40,0722
Lythraceae	*Cuphea melvilla*	-19,3914	-40,0722
Lythraceae	*Cuphea speciosa*	-19,7833	-42,6167
Lythraceae	*Cuphea thymoides*	-20,2624	-43,3349
Lythraceae	*Lafoensia glyptocarpa*	-19,4209	-39,9774
Malpighiaceae	*Banisteriopsis membranifolia*	-19,5507	-40,4335
Malpighiaceae	*Banisteriopsis nummifera*	-19,3949	-40,0719
Malpighiaceae	*Banisteriopsis pubipetala*	-19,7667	-42,6000
Malpighiaceae	*Bunchosia fluminensis*	-19,7044	-42,5164
Malpighiaceae	*Bunchosia maritima*	-19,5486	-40,4347
Malpighiaceae	*Byrsonima chrysophylla*	-19,5833	-39,8000
Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*	-19,3949	-40,0719
Malpighiaceae	*Byrsonima sericea*	-19,4983	-40,5511
Malpighiaceae	*Byrsonima stipulacea*	-19,8000	-42,6167
Malpighiaceae	*Calophyllum brasiliense*	-19,5061	-39,8875
Malpighiaceae	*Heteropterys aenea*	-19,3914	-40,0722
Malpighiaceae	*Heteropterys alternifolia*	-19,3914	-40,0722
Malpighiaceae	*Heteropterys anomala*	-19,3914	-40,0722
Malpighiaceae	*Heteropterys byrsonimifolia*	-19,7667	-42,6000
Malpighiaceae	*Heteropterys chrysophylla*	-19,3949	-40,0719
Malpighiaceae	*Heteropterys escalloniifolia*	-19,7667	-42,6000
Malpighiaceae	*Heteropterys intermedia*	-19,7044	-42,5164
Malpighiaceae	*Hiraea cuneata*	-19,7044	-42,5164
Malpighiaceae	*Hiraea wiedeana*	-19,7044	-42,5164
Malpighiaceae	*Lophopterys floribunda*	-19,7833	-42,4833
Malpighiaceae	*Mascagnia rigida*	-19,3914	-40,0722
Malpighiaceae	*Mezia araujoi*	-19,6645	-42,5586
Malpighiaceae	*Niedenzuella acutifolia*	-19,3949	-40,0722

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Malpighiaceae	*Niedenzuella glabra*	-19,5800	-39,8000
Malpighiaceae	*Niedenzuella poeppigiana*	-19,5061	-39,8875
Malpighiaceae	*Niedenzuella sericea*	-19,5061	-39,8875
Malpighiaceae	*Peixotoa hispidula*	-19,6245	-39,8335
Malpighiaceae	*Stigmaphyllon ciliatum*	-19,6456	-39,8239
Malpighiaceae	*Stigmaphyllon tomentosum*	-19,7000	-42,5000
Malpighiaceae	*Tetrapterys crispa*	-19,3949	-40,0719
Malpighiaceae	*Tetrapterys glabra*	-19,6456	-39,8239
Malpighiaceae	*Tetrapterys guilleminiana*	-19,7044	-42,5164
Malpighiaceae	*Tetrapterys mucronata*	-19,7833	-42,4833
Malpighiaceae	*Tetrapterys phlomoides*	-19,5689	-39,7994
Malpighiaceae	*Tigmaphyllon paralias*	-19,4956	-40,2211
Malvaceae	*Byttneria catalpifolia sidifolia*	-19,7044	-42,5164
Malvaceae	*Byttneria gayana*	-19,3949	-40,0719
Malvaceae	*Ceiba erianthos*	-19,7667	-42,4667
Malvaceae	*Eriotheca candolleana*	-19,3949	-40,0719
Malvaceae	*Guazuma crinita*	-19,6089	-39,7999
Malvaceae	*Hibiscus bifurcatus*	-19,7842	-42,4975
Malvaceae	*Hibiscus sororius*	-19,7864	-42,5992
Malvaceae	*Hydrogaster trinervis*	-19,3949	-40,0719
Malvaceae	*Malachra*	-19,3914	-40,0722
Malvaceae	*Pachira aquatica*	-19,3949	-40,0719
Malvaceae	*Pavonia calyculosa*	-19,3949	-40,0719
Malvaceae	*Pavonia cancellata*	-19,6475	-39,8281
Malvaceae	*Pavonia crassipedicellata*	-19,3949	-40,0719
Malvaceae	*Pavonia intermedia*	-19,7044	-42,5164
Malvaceae	*Pavonia malacophylla*	-19,4956	-40,2211
Malvaceae	*Pavonia multiflora*	-19,5487	-40,4349
Malvaceae	*Pavonia stellata*	-19,7600	-42,6319
Malvaceae	*Pseudobombax grandiflorum*	-19,6719	-39,8828
Malvaceae	*Quararibea*	-19,5061	-39,8875
Malvaceae	*Sida ciliaris*	-19,6719	-39,8828
Malvaceae	*Taliparitì pernambucense*	-19,6475	-39,8281
Malvaceae	*Triplochlamys multiflora*	-19,4956	-40,2211
Malvaceae	*Triumfetta*	-19,4956	-40,2211
Malvaceae	*Waltheria americana*	-19,6719	-39,8828
Malvaceae	*Waltheria indica*	-19,7333	-42,6000
Malvaceae	*Wissadula*	-19,7300	-42,6200
Malvaceae	*Wissadula contracta*	-18,8511	-41,9492
Malvaceae	*Wissadula hernandioides*	-19,9236	-42,6469
Marantaceae	*Calathea vaginata*	-19,5054	-40,2822
Marantaceae	*Goeppertia prolifera*	-19,8061	-42,5394

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Marantaceae	*Goeppertia singularis*	-19,5056	-39,8875
Marantaceae	*Maranta bicolor*	-19,7044	-42,5164
Marantaceae	*Maranta divaricata*	-19,7044	-42,5164
Marantaceae	*Saranthe*	-19,3914	-40,0722
Marantaceae	*Stromanthe schottiana*	-19,6719	-39,8828
Marantaceae	*Stromanthe tonckat*	-19,6719	-39,8828
Marantaceae	*Thalia geniculata*	-19,5792	-39,7925
Marcgraviaceae	*Norantea brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Melastomataceae	*Clidemia bisserata*	-19,6089	-39,7999
Melastomataceae	*Clidemia bullosa*	-19,6456	-39,8239
Melastomataceae	*Clidemia capitellata*	-19,7667	-42,6000
Melastomataceae	*Clidemia hirta*	-19,5792	-39,7925
Melastomataceae	*Huberia ovalifolia*	-19,6719	-39,8828
Melastomataceae	*Leandra dendroides*	-20,2603	-43,3075
Melastomataceae	*Leandra erostrata*	-20,2603	-43,3075
Melastomataceae	*Leandra fluminensis*	-20,2603	-43,3075
Melastomataceae	*Leandra foveolata*	-20,2603	-43,3075
Melastomataceae	*Leandra purpurascens*	-20,2603	-43,3075
Melastomataceae	*Merianthera pulchra*	-19,5067	-40,6117
Melastomataceae	*Miconia albicans*	-19,7667	-42,6000
Melastomataceae	*Miconia amoena*	-19,6719	-39,8828
Melastomataceae	*Miconia budlejoides*	-19,5228	-40,5231
Melastomataceae	*Miconia calvescens*	-19,4990	-40,2692
Melastomataceae	*Miconia cinnamomifolia*	-19,6456	-39,8239
Melastomataceae	*Miconia nervosa*	-19,4667	-40,0703
Melastomataceae	*Miconia prasina*	-19,5608	-39,8025
Melastomataceae	*Miconia pusilliflora*	-19,5689	-39,7994
Melastomataceae	*Miconia rimalis*	-19,6891	-42,5635
Melastomataceae	*Miconia rubiginosa*	-19,7667	-42,6000
Melastomataceae	*Miconia serrulata*	-19,7833	-42,6167
Melastomataceae	*Miconia staminea*	-19,6456	-39,8239
Melastomataceae	*Ossaea coriacea*	-20,2603	-43,3075
Melastomataceae	*Pterolepis glomerata*	-19,6719	-39,8828
Melastomataceae	*Rhynchanthera dichotoma*	-19,7667	-42,6000
Melastomataceae	*Tibouchina heteromalla*	-20,2900	-43,3058
Melastomataceae	*Tibouchina sebastianopolitana hirsuta*	-19,7333	-42,6167
Melastomataceae	*Tibouchina urceolaris*	-19,6456	-39,8239
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	-19,6645	-42,5586
Meliaceae	*Cedrela odorata*	-19,4209	-39,9774
Meliaceae	*Guarea guiDomia*	-19,5608	-39,8025
Meliaceae	*Guarea kunthiana*	-19,6969	-42,5042
Meliaceae	*Guarea macrophylla*	-19,7000	-42,5000

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Meliaceae	*Guarea macrophylla tuberculata*	-19,7833	-42,6167
Meliaceae	*Guarea trichilioides*	-19,7833	-42,6167
Meliaceae	*Trichilia casaretti*	-19,6969	-42,5042
Meliaceae	*Trichilia catigua*	-19,5061	-39,8875
Meliaceae	*Trichilia elegans*	-19,3949	-40,0722
Meliaceae	*Trichilia hirta*	-19,5146	-40,3217
Meliaceae	*Trichilia lepidota*	-19,3949	-40,0719
Meliaceae	*Trichilia pallens*	-19,3949	-40,0719
Meliaceae	*Trichilia pallida*	-19,7000	-42,6167
Meliaceae	*Trichilia pleeana*	-19,3949	-40,0719
Meliaceae	*Trichilia pseudostipularis*	-19,3949	-40,0719
Meliaceae	*Trichilia quadrijuga*	-19,5061	-39,8875
Meliaceae	*Trichilia silvatica*	-19,3949	-40,0719
Meliaceae	*Trichilia weddellii*	-19,7000	-42,6167
Menispermaceae	*Abuta*	-19,6719	-39,8828
Menispermaceae	*Borismene japurensis*	-19,3949	-40,0719
Menispermaceae	*Chondodendron platyphyllum*	-19,7044	-42,5164
Menispermaceae	*Cissampelos andromorpha*	-19,3949	-40,0719
Menispermaceae	*Disciphania modesta*	-19,3949	-40,0719
Menispermaceae	*ODomtocarya*	-19,7044	-42,5164
Menispermaceae	*Orthomene schomburgkii*	-19,6456	-39,8239
Menispermaceae	*Sciadotenia acutifolia*	-20,2153	-42,8940
Menyanthaceae	*Nymphoides humboldtiana*	-19,6719	-39,8828
Menyanthaceae	*Nymphoides indica*	-19,7558	-42,6206
Meteoriaceae	*Squamidium leucotrichum*	-19,3917	-40,0725
Meteoriaceae	*Zelometeorium patens*	-19,3917	-40,0725
Meteoriaceae	*Zelometeorium patulum*	-19,3917	-40,0725
Meteoriaceae	*Zelometeorium recurvifolium*	-19,3917	-40,0725
Mimosaceae	*Acacia robusta*	-19,4200	-41,1000
Mimosaceae	*Albizia lebbeck*	-19,7700	-42,6200
Mimosaceae	*Inga altissima*	-19,7700	-42,6000
Molluginaceae	*Mollugo verticillata*	-19,6719	-39,8828
Monimiaceae	*Mollinedia glabra*	-19,6719	-39,8828
Monimiaceae	*Mollinedia schottiana*	-19,8061	-42,5394
Monimiaceae	*Siparuna bifida*	-19,7550	-42,6211
Monimiaceae	*Siparuna glossostyla*	-19,6891	-42,5635
Moraceae	*Brosimum gaudichaudii*	-19,3890	-41,2579
Moraceae	*Clarisia ilicifolia*	-19,4667	-40,0703
Moraceae	*Dorstenia arifolia*	-19,7833	-42,6167
Moraceae	*Dorstenia elata*	-19,2783	-41,3729
Moraceae	*Dorstenia gracilis*	-19,6719	-39,8828
Moraceae	*Dorstenia longifolia*	-20,2153	-42,8940

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Moraceae	*Dorstenia sucrei*	-19,2783	-41,3729
Moraceae	*Ficus adhatodifolia*	-19,7978	-42,5525
Moraceae	*Ficus cyclophylla*	-19,6089	-39,7999
Moraceae	*Ficus gomelleira*	-19,3949	-40,0719
Moraceae	*Ficus hirsuta*	-19,6719	-39,8828
Moraceae	*Ficus insipida*	-19,7978	-42,5525
Moraceae	*Ficus obtusiuscula*	-19,7978	-42,5525
Moraceae	*Helicostylis tomentosa*	-19,6891	-42,5635
Moraceae	*Sorocea*	-19,5736	-39,7933
Moraceae	*Sorocea guilleminiana*	-19,6969	-42,5042
Moraceae	*Sorocea hilarii*	-19,6456	-39,8239
Moraceae	*Sorocea racemosa*	-19,6719	-39,8828
Moraceae	*Trophis racemosa*	-19,7333	-42,6000
Myrsinaceae	*Myrsine umbellata*	-19,5689	-39,7994
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius*	-20,2146	-43,4424
Myrtaceae	*Calyptranthes brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Calyptranthes lucida*	-19,4500	-40,0700
Myrtaceae	*Campomanesia guazumifolia*	-19,6125	-39,8069
Myrtaceae	*Campomanesia laurifolia*	-19,4303	-39,9464
Myrtaceae	*Campomanesia pubescens*	-20,2624	-43,3349
Myrtaceae	*Eugenia astringens*	-19,6765	-39,9164
Myrtaceae	*Eugenia bahiensis*	-19,6456	-39,8239
Myrtaceae	*Eugenia brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia cassinoides*	-19,3914	-40,0722
Myrtaceae	*Eugenia cauliflora*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia cyclophylla*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia dichroma*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia excelsa*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia excoriata*	-19,7333	-42,6167
Myrtaceae	*Eugenia florida*	-19,6645	-42,5586
Myrtaceae	*Eugenia fusca*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia ilhensis*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Eugenia macrosperma*	-19,3914	-40,0722
Myrtaceae	*Eugenia pisiformis*	-19,4333	-39,7417
Myrtaceae	*Eugenia pruniformis*	-19,4956	-40,2300
Myrtaceae	*Eugenia punicifolia*	-19,6456	-39,8239
Myrtaceae	*Eugenia stipitata*	-19,7333	-42,6167
Myrtaceae	*Eugenia tinguyensis*	-19,6693	-39,8854
Myrtaceae	*Eugenia umbelliflora*	-19,6124	-39,8071
Myrtaceae	*Eugenia uniflora*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Gomidesia anacardiaefolia*	-19,7667	-42,6000
Myrtaceae	*Marlierea dimorpha*	-19,4635	-40,0718

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Myrtaceae	*Marlierea excoriata*	-19,5911	-42,5686
Myrtaceae	*Marlierea grandifolia*	-19,4635	-40,0718
Myrtaceae	*Marlierea neuwiedeana*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Marlierea obversa*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Marlierea parviflora*	-19,7044	-42,5164
Myrtaceae	*Marlierea polygama*	-19,3914	-40,0722
Myrtaceae	*Marlierea racemosa*	-19,3949	-40,0719
Myrtaceae	*Marlierea suaveolens*	-19,4294	-40,1153
Myrtaceae	*Marlierea teuscheriana*	-19,3456	-42,4086
Myrtaceae	*Marlierea tomentosa*	-19,3914	-40,0722
Myrtaceae	*Myrcia bracteata*	-19,7333	-42,6000
Myrtaceae	*Myrcia cerqueiria*	-19,4294	-40,1208
Myrtaceae	*Myrcia cordifolia*	-19,7667	-42,6000
Myrtaceae	*Myrcia eriopus*	-19,7667	-42,6433
Myrtaceae	*Myrcia floridissima*	-19,7494	-42,4811
Myrtaceae	*Myrcia freyreissiana*	-19,3914	-40,0722
Myrtaceae	*Myrcia guajavifolia*	-19,7667	-42,6000
Myrtaceae	*Myrcia guianensis*	-19,6891	-42,5635
Myrtaceae	*Myrcia hispida*	-19,7517	-42,6236
Myrtaceae	*Myrcia ilheosensis*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Myrcia lacunosa*	-20,2500	-42,8800
Myrtaceae	*Myrcia laruotteana*	-19,7561	-42,6203
Myrtaceae	*Myrcia multiflora*	-19,4200	-40,0700
Myrtaceae	*Myrcia racemosa*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Myrcia riodocensis*	-19,6693	-39,8854
Myrtaceae	*Myrcia rufipes*	-19,7667	-42,6000
Myrtaceae	*Myrcia rufula*	-20,2500	-42,8800
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Myrcia thyrsoidea*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Myrcia tomentosa*	-20,2650	-43,3300
Myrtaceae	*Myrcia vittoriana*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Myrciaria floribunda*	-19,4208	-39,9772
Myrtaceae	*Myrciaria strigipes*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Neomitranthes langsdorffii*	-19,4333	-39,7417
Myrtaceae	*Psidium brownianum*	-19,4333	-39,7417
Myrtaceae	*Psidium cattleianum*	-19,6719	-39,8828
Myrtaceae	*Psidium guineense*	-19,5833	-39,8000
Myrtaceae	*Psidium macahense*	-19,4244	-39,7256
Myrtaceae	*Psidium myrtoides*	-19,0128	-42,0889
Myrtaceae	*Psidium oblongatum*	-19,7833	-42,6000
Myrtaceae	*Psidium rufum*	-19,7044	-42,5164
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	-19,7575	-42,4819

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Nyctaginaceae	*Andradaea floribunda*	-20,2153	-42,8940
Nyctaginaceae	*Bougainvillea glabra*	-19,3949	-40,0719
Nyctaginaceae	*Bougainvillea spectabilis*	-19,3914	-40,0722
Nyctaginaceae	*Bougainvillea virescens*	-19,7333	-42,6167
Nyctaginaceae	*Guapira graciliflora*	-19,7561	-42,6203
Nyctaginaceae	*Guapira noxia*	-19,6719	-39,8828
Nyctaginaceae	*Guapira opposita*	-19,6765	-39,9164
Nyctaginaceae	*Guapira pernambucensis*	-19,4333	-39,7417
Nyctaginaceae	*Guapira venosa*	-19,7044	-42,5164
Nyctaginaceae	*Pisonia ambigua*	-19,7764	-42,6272
Nymphaeaceae	*Nymphaea caerulea*	-19,3914	-40,0722
Nymphaeaceae	*Nymphaea pulchella*	-19,6719	-39,8828
Ochnaceae	*Ouratea cuspidata*	-19,6456	-39,8239
Ochnaceae	*Ouratea gigantophylla*	-19,7667	-42,6000
Ochnaceae	*Ouratea hexasperma*	-19,7667	-42,6000
Ochnaceae	*Ouratea oliviformis*	-19,6719	-39,8828
Ochnaceae	*Ouratea polygyna*	-19,7667	-42,6000
Ochnaceae	*Sauvagesia erecta*	-19,6719	-39,8828
Olacaceae	*Cathedra bahiensis*	-19,6456	-39,8239
Olacaceae	*Heisteria ovata*	-19,6645	-42,5586
Olacaceae	*Heisteria perianthomega*	-19,3949	-40,0719
Olacaceae	*Ximenia*	-19,6456	-39,8239
Oleaceae	*Chionanthus ferrugineus*	-19,3949	-40,0719
Onagraceae	*Fuchsia bracelinae*	-19,5147	-40,7758
Onagraceae	*Ludwigia leptocarpa*	-19,5556	-39,8371
Onagraceae	*Ludwigia nervosa*	-19,4833	-42,4800
Onagraceae	*Ludwigia octovalvis*	-19,7333	-42,6167
Onagraceae	*Ludwigia tomentosa*	-19,5556	-39,8371
Orchidaceae	*Acianthera aphthosa*	-19,6645	-42,5586
Orchidaceae	*Acianthera prolifera*	-19,2717	-41,3764
Orchidaceae	*Anathallis graveolens*	-19,5833	-42,5667
Orchidaceae	*Brassavola tuberculata*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Camaridium micranthum*	-19,6645	-42,5586
Orchidaceae	*Catasetum cassideum*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Catasetum discolor*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Catasetum hookeri*	-19,7667	-42,6167
Orchidaceae	*Catasetum purum*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Cochleanthes wailesiana*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Cyrtopodium flavum*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Cyrtopodium intermedium*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Dichaea*	-19,4250	-40,0456
Orchidaceae	*Dimerandra emarginata*	-19,5556	-39,8371

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Orchidaceae	*Dryadella obrieniana*	-19,5797	-39,7808
Orchidaceae	*Eltroplectris calcarata*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Eltroplectris janeirensis*	-19,7908	-42,4956
Orchidaceae	*Epidendrum densiflorum*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Epidendrum denticulatum*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Epidendrum flexuosum*	-19,5797	-39,7808
Orchidaceae	*Eulophia alta*	-19,7600	-42,6319
Orchidaceae	*Galeandra beyrichii*	-19,7500	-42,6167
Orchidaceae	*Habenaria gourlieana*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Habenaria nabucoi*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Hadrolaelia coccinea*	-19,6089	-39,7999
Orchidaceae	*Hadrolaelia grandis*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Heterotaxis valenzuelana*	-19,6645	-42,5586
Orchidaceae	*Koellensteinia altissima*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Macradenia grandiflora*	-19,5911	-42,5686
Orchidaceae	*Maxillaria robusta*	-19,4956	-40,2211
Orchidaceae	*Mesadenella cuspidata*	-19,5914	-42,5686
Orchidaceae	*Miltonia flavescens*	-19,6645	-42,5586
Orchidaceae	*Octomeria crassifolia*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Oeceoclades maculata*	-19,5056	-40,2822
Orchidaceae	*Oncidium baueri*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Oncidium ciliatum*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Oncidium pumilum*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Ornithocephalus*	-19,4250	-40,0456
Orchidaceae	*Paradisanthus micranthus*	-19,5797	-39,7808
Orchidaceae	*Pleurothallis grobyi*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Pleurothallis sclerophylla*	-19,4250	-40,0456
Orchidaceae	*Polystachya*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Prescottia plantaginifolia*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Prescottia stachyodes*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Prosthechea fragrans*	-19,5797	-39,7808
Orchidaceae	*Pseudolaelia dutrae*	-19,4406	-41,0933
Orchidaceae	*Rauhiella silvana*	-19,5797	-39,7808
Orchidaceae	*Rodriguezia bracteata*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Sacoila lanceolata*	-20,2303	-43,4694
Orchidaceae	*Sobralia arenaria*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Sobralia liliastrum*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Sobralia sessilis*	-19,4956	-40,2211
Orchidaceae	*Stelis*	-19,4250	-40,0456
Orchidaceae	*Trichocentrum fuscum*	-19,6645	-42,5586
Orchidaceae	*Trizeuxis falcata*	-19,3914	-40,0722
Orchidaceae	*Vanilla bahiana*	-19,6719	-39,8828

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Orchidaceae	*Vanilla chamissonis*	-19,6719	-39,8828
Orchidaceae	*Veyretia rupicola*	-20,2303	-43,4694
Orchidaceae	*Warczewiczella wailesiana*	-19,3914	-40,0722
Orobanchaceae	*Esterhazya splendida*	-19,3914	-40,0722
Oxalidaceae	*Oxalis barrelieri*	-19,4209	-39,9774
Oxalidaceae	*Oxalis clausenii*	-19,5792	-39,7925
Oxalidaceae	*Oxalis corniculata*	-19,7667	-42,6333
Oxalidaceae	*Oxalis hedysarifolia*	-19,5061	-39,8875
Oxalidaceae	*Oxalis kuhlmannii*	-19,5056	-39,8875
Oxalidaceae	*Oxalis neuwiedii*	-19,5056	-39,8875
Oxalidaceae	*Oxalis polymorpha*	-19,7667	-42,6319
Passifloraceae	*Passiflora alata*	-19,4209	-39,9774
Passifloraceae	*Passiflora alliacea*	-19,6456	-39,8239
Passifloraceae	*Passiflora amethystina*	-19,6891	-42,5635
Passifloraceae	*Passiflora contracta*	-19,3914	-40,0722
Passifloraceae	*Passiflora kermesina*	-19,7667	-42,6167
Passifloraceae	*Passiflora mucronata*	-19,6719	-39,8828
Passifloraceae	*Passiflora ovalis*	-19,3914	-40,0722
Passifloraceae	*Passiflora pentagona*	-19,5833	-39,8000
Passifloraceae	*Passiflora speciosa*	-19,7667	-42,6000
Peraceae	*Pera coccinea*	-19,7978	-42,5525
Peraceae	*Pera furfuracea*	-19,7667	-42,6000
Peraceae	*Pera glabrata*	-19,6456	-39,8239
Phyllanthaceae	*Hieronyma alchorneoides*	-19,5881	-42,5497
Phyllanthaceae	*Phyllanthus tenellus*	-19,7667	-42,6000
Phytolaccaceae	*Gallesia integrifolia*	-19,4210	-39,9772
Phytolaccaceae	*Seguieria langsdorffii*	-19,7833	-42,6167
Picramniaceae	*Picramnia bahiensis*	-19,6765	-39,9164
Piperaceae	*Peperomia armondii*	-19,7044	-42,5164
Piperaceae	*Peperomia magnoliifolia*	-19,6719	-39,8828
Piperaceae	*Peperomia nitida*	-19,7044	-42,5164
Piperaceae	*Peperomia rubricaulis*	-19,3949	-40,0719
Piperaceae	*Peperomia rupestris*	-19,6719	-39,8828
Piperaceae	*Piper aduncum*	-19,6614	-42,5739
Piperaceae	*Piper amalago*	-19,5781	-42,5739
Piperaceae	*Piper amplum*	-19,6992	-42,5067
Piperaceae	*Piper arboreum*	-19,7000	-42,6167
Piperaceae	*Piper caldense*	-19,5061	-39,8875
Piperaceae	*Piper corcovadensis*	-19,6719	-39,8828
Piperaceae	*Piper juliflorum*	-19,6719	-39,8828
Piperaceae	*Piper limai*	-19,5931	-42,5569
Piperaceae	*Piper ovatum*	-19,6719	-39,8828

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Piperaceae	*Piper tortivenulosum*	-19,5061	-39,8875
Piperaceae	*Piper tortivenulosum var. glabrum*	-19,5061	-39,8875
Piperaceae	*Piper tuberculatum*	-19,3914	-40,0722
Piperaceae	*Piper vicosanum*	-19,7658	-42,6319
Piperaceae	*Sarcorhachis*	-19,5487	-40,4349
Plantaginaceae	*Conobea scoparioides*	-19,7044	-42,5164
Plantaginaceae	*Cymbalaria muralis*	-20,2833	-43,3333
Poaceae	*Atractantha shepherdiana*	-19,4000	-40,0667
Poaceae	*Axonopus aureus*	-19,6712	-39,8828
Poaceae	*Axonopus pressus*	-19,6719	-39,8828
Poaceae	*Bambusa*	-19,5333	-40,6167
Poaceae	*Cryptochloa capillata*	-19,4000	-40,0667
Poaceae	*Cyphonanthus discrepans*	-19,6719	-39,8828
Poaceae	*Digitaria insularis*	-18,8511	-41,9492
Poaceae	*Echinolaena*	-19,6456	-39,8239
Poaceae	*Eremitis breviglumis*	-19,4000	-40,0667
Poaceae	*Hildaea pallens*	-19,7000	-42,6167
Poaceae	*Hildaea ruprechtii*	-19,7000	-42,5000
Poaceae	*Hyparrhenia rufa*	-19,4956	-40,2211
Poaceae	*Ichnanthus bambusiflorus*	-20,2086	-43,4361
Poaceae	*Ichnanthus dasycoleus*	-20,2306	-43,4242
Poaceae	*Ichnanthus leiocarpus*	-19,6719	-39,8828
Poaceae	*Ichnanthus riedelii*	-19,4000	-40,0667
Poaceae	*Imperata contracta*	-19,7833	-42,6167
Poaceae	*Lasiacis ligulata*	-19,7000	-42,5000
Poaceae	*Merostachys fischeriana*	-20,2086	-43,4361
Poaceae	*Merostachys petiolata*	-20,2303	-43,4694
Poaceae	*Merostachys riedeliana*	-19,7789	-42,4861
Poaceae	*Merostachys tatianae*	-19,7803	-42,6194
Poaceae	*Olyra latifolia*	-19,8053	-42,5214
Poaceae	*Olyra micrantha*	-19,7833	-42,4833
Poaceae	*Oplismenus hirtellus*	-19,5689	-39,7994
Poaceae	*Panicum pilosum*	-19,7044	-42,5164
Poaceae	*Parodiolyra micrantha*	-19,7700	-42,5800
Poaceae	*Paspalum corcovadense*	-19,7044	-42,5164
Poaceae	*Paspalum decumbens*	-19,7722	-42,5903
Poaceae	*Pharus lappulaceus*	-19,4000	-40,0700
Poaceae	*Pseudechinolaena polystachya*	-19,7044	-42,5164
Poaceae	*Rugoloa pilosa*	-19,3914	-40,0722
Poaceae	*Sporobolus virginicus*	-19,6456	-39,8239
Poaceae	*Streptochaeta spicata*	-19,4000	-40,0700
Poaceae	*Streptogyna americana*	-19,4000	-40,0667

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Podostemaceae	*Apinagia*	-18,9239	-42,0253
Podostemaceae	*Cipoia inserta*	-19,4800	-42,4772
Podostemaceae	*Lophogyne lacunosa*	-19,3291	-42,3735
Podostemaceae	*Mourera aspera*	-19,3294	-42,3739
Podostemaceae	*Podostemum weddellianum*	-19,3294	-42,3739
Polygalaceae	*Acanthocladus pulcherrimus*	-19,4208	-40,0673
Polygalaceae	*Bredemeyera velutina*	-19,8000	-42,6167
Polygalaceae	*Caamembeca grandifolia*	-19,3949	-40,0719
Polygalaceae	*Polygala apparicioi*	-19,6719	-39,8828
Polygalaceae	*Polygala cyparissias*	-19,6719	-39,8828
Polygalaceae	*Polygala grandiflora*	-19,5056	-39,8875
Polygalaceae	*Polygala oxyphylla*	-20,2146	-43,4424
Polygalaceae	*Polygala violoides*	-19,3914	-40,0722
Polygalaceae	*Securidaca rivinifolia*	-19,7667	-42,6000
Polygonaceae	*Coccoloba alnifolia*	-19,6719	-39,8828
Polygonaceae	*Coccoloba confusa*	-19,6719	-39,8828
Polygonaceae	*Coccoloba laevis*	-19,6719	-39,8828
Polygonaceae	*Polygonum acuminatum*	-19,7908	-42,4956
Polypodiaceae	*Campyloneurum nitidum*	-19,2784	-41,3741
Polypodiaceae	*Cochlidium serrulatum*	-19,2784	-41,3741
Polypodiaceae	*Microgramma geminata*	-19,6719	-39,8828
Polypodiaceae	*Microgramma persicariifolia*	-19,6719	-39,8828
Polypodiaceae	*Microgramma tecta*	-19,2585	-41,3735
Polypodiaceae	*Microgramma vacciniifolia*	-19,6719	-39,8828
Polypodiaceae	*Pecluma pectinatiformis*	-19,2784	-41,3741
Polypodiaceae	*Pecluma plumula*	-19,2526	-41,3936
Polypodiaceae	*Pecluma recurvata*	-19,2783	-41,3729
Polypodiaceae	*Phlebodium pseudoaureum*	-19,2526	-41,3936
Polypodiaceae	*Pleopeltis hirsutissima*	-19,2784	-41,3741
Polypodiaceae	*Pleopeltis minima*	-19,4367	-40,0731
Polypodiaceae	*Pleopeltis pleopeltifolia*	-19,5579	-39,8325
Polypodiaceae	*Polypodium repens*	-19,7000	-42,5000
Polypodiaceae	*Serpocaulon catharinae*	-19,2526	-41,3936
Polypodiaceae	*Serpocaulon triseriale*	-19,6719	-39,8828
Pontederiaceae	*Pontederia cordata*	-19,3914	-40,0722
Primulaceae	*Myrsine coriacea*	-19,8050	-42,5431
Primulaceae	*Myrsine guianensis*	-19,3914	-40,0722
Primulaceae	*Myrsine parvifolia*	-19,6719	-39,8828
Pteridaceae	*Acrostichum danaeifolium*	-19,7864	-42,5992
Pteridaceae	*Adiantopsis radiata*	-19,2585	-41,3735
Pteridaceae	*Adiantum abscissum*	-19,4353	-40,0739
Pteridaceae	*Adiantum deflectens*	-19,2692	-41,2849

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Pteridaceae	*Adiantum glaucescens*	-19,2585	-41,3735
Pteridaceae	*Adiantum latifolium*	-19,4303	-39,9464
Pteridaceae	*Adiantum obliquum*	-19,4353	-40,0739
Pteridaceae	*Adiantum pulverulentum*	-19,4353	-40,0739
Pteridaceae	*Cheilanthes regnelliana*	-20,2084	-43,4371
Pteridaceae	*Doryopteris collina*	-19,2585	-41,3735
Pteridaceae	*Doryopteris ornithopus*	-18,8889	-41,9061
Pteridaceae	*Hemionitis tomentosa*	-19,4667	-40,0683
Pteridaceae	*Pityrogramma calomelanos*	-19,7864	-42,5992
Pteridaceae	*Pteris brasiliensis*	-19,2585	-41,3735
Pteridaceae	*Pteris denticulata*	-19,7000	-42,5000
Pteridaceae	*Pteris leptophylla*	-19,4353	-40,0739
Pteridaceae	*Pteris polita*	-19,7000	-42,5000
Pteridaceae	*Pteris propinqua*	-19,6719	-39,8828
Pteridaceae	*Tryonia myriophylla*	-19,2783	-41,3729
Pteridaceae	*Vittaria graminifolia*	-20,2146	-43,4424
Ranunculaceae	*Clematis dioica*	-19,4956	-40,2211
Rosaceae	*Prunus myrtifolia elegans*	-19,4639	-40,0722
Rubiaceae	*Alibertia edulis*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Alseis floribunda*	-19,4956	-40,2211
Rubiaceae	*Amaioua guianensis*	-19,6453	-39,8619
Rubiaceae	*Amaioua intermedia*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Bathysa australis*	-19,5911	-42,5686
Rubiaceae	*Bathysa cuspidata*	-19,6645	-42,5586
Rubiaceae	*Borreria cupularis*	-19,7667	-42,6167
Rubiaceae	*Carapichea ipecacuanha*	-19,7044	-42,5164
Rubiaceae	*Chiococca alba*	-19,6089	-39,7999
Rubiaceae	*Chiococca nitida*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Chomelia pubescens*	-19,4667	-40,0717
Rubiaceae	*Coccocypselum campanuliflorum*	-19,6456	-39,8239
Rubiaceae	*Coccocypselum cordifolium*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Cordiera sessilis*	-20,2145	-43,4422
Rubiaceae	*Coussarea contracta*	-19,4667	-40,0703
Rubiaceae	*Coussarea hydrangeifolia*	-19,5056	-39,8875
Rubiaceae	*Coussarea ilheotica*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Coussarea paniculata*	-19,5061	-39,8875
Rubiaceae	*Coutarea hexandra*	-19,3914	-40,0722
Rubiaceae	*Diodella teres*	-19,3914	-40,0722
Rubiaceae	*Diodia saponariifolia*	-19,6311	-42,5711
Rubiaceae	*Diodia sarmentosa*	-19,7864	-42,5992
Rubiaceae	*Duroia*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Emmeorhiza umbellata*	-19,6719	-39,8828

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Rubiaceae	*Faramea atlantica*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Faramea calyciflora*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Faramea multiflora*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Ferdinandusa guainiae*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Ferdinandusa rudgeoides*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Galium*	-19,5556	-39,8371
Rubiaceae	*Genipa americana*	-19,6645	-42,5586
Rubiaceae	*Genipa infundibuliformis*	-19,2586	-41,3736
Rubiaceae	*Geophila repens*	-19,5689	-39,7994
Rubiaceae	*Ixora brevifolia*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Ladenbergia hexandra*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Manettia*	-19,6456	-39,8239
Rubiaceae	*Melanopsidium nigrum*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Mitracarpus frigidus*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Mitracarpus humboldtianus*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Mitracarpus salzmannianus*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Molopanthera paniculata*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Pagamea*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Palicourea blanchetiana*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Palicourea croceoides*	-19,7044	-42,5164
Rubiaceae	*Palicourea fulgens*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Palicourea marcgravii*	-19,7044	-42,5164
Rubiaceae	*Posoqueria latifolia*	-19,4667	-40,0717
Rubiaceae	*Posoqueria longiflora*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Psychotria acuminata*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Psychotria alba*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Psychotria anceps*	-19,7056	-42,5844
Rubiaceae	*Psychotria bahiensis*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Psychotria carthagenensis*	-19,7000	-42,5000
Rubiaceae	*Psychotria cupularis*	-19,5689	-39,7994
Rubiaceae	*Psychotria deflexa*	-19,7833	-42,6000
Rubiaceae	*Psychotria hoffmannseggiana*	-19,5689	-39,7994
Rubiaceae	*Psychotria inaequifolia*	-19,3833	-42,4167
Rubiaceae	*Psychotria ipecacuanha*	-19,7764	-42,6272
Rubiaceae	*Psychotria leiocarpa*	-19,7044	-42,5164
Rubiaceae	*Psychotria lupulina*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Psychotria mapourioides*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Psychotria myriantha*	-19,4336	-40,0728
Rubiaceae	*Psychotria racemosa*	-19,8050	-42,5431
Rubiaceae	*Psychotria rhytidocarpa*	-19,6645	-42,5586
Rubiaceae	*Randia armata*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Randia calycina*	-19,3949	-40,0719

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Rubiaceae	*Richardia brasiliensis*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Riodocea pulcherrima*	-19,3914	-40,0722
Rubiaceae	*Rudgea jacobinensis*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Rudgea jasminoides*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Rudgea mucronata*	-19,5147	-40,7758
Rubiaceae	*Salzmannia nitida*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Schizocalyx cuspidatus*	-19,5911	-42,5686
Rubiaceae	*Simira glaziovii*	-19,6719	-39,8828
Rubiaceae	*Simira grazielae*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Simira sampaioana*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Spermacoce capitata*	-19,3914	-40,0722
Rubiaceae	*Standleya kuhlmannii*	-19,3949	-40,0719
Rubiaceae	*Tocoyena bullata*	-19,6719	-39,8828
Rutaceae	*Almeidea rubra*	-19,4211	-40,0675
Rutaceae	*Angostura bracteata*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Conchocarpus cauliflorus*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Conchocarpus insignis*	-19,6719	-39,8828
Rutaceae	*Conchocarpus longifolius*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Conchocarpus macrophyllus*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Conchocarpus marginatus*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Dictyoloma incanescens*	-19,3914	-40,0722
Rutaceae	*Dictyoloma vandellianum*	-19,4956	-40,2300
Rutaceae	*Erythrochiton brasiliensis*	-19,7833	-42,6167
Rutaceae	*Esenbeckia grandiflora*	-19,3914	-40,0722
Rutaceae	*Galipea jasminiflora*	-19,7667	-42,6167
Rutaceae	*Hortia brasiliana*	-19,6645	-42,5586
Rutaceae	*Metrodorea maracasana*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Neoraputia alba*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Neoraputia magnifica*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Pilocarpus giganteus*	-19,6645	-42,5586
Rutaceae	*Pilocarpus grandiflorus*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Pilocarpus riedelianus*	-19,3949	-40,0719
Rutaceae	*Rauia nodosa*	-19,6765	-39,9164
Rutaceae	*Ravenia infelix*	-19,5487	-40,4349
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	-19,3949	-40,0719
Salicaceae	*Casearia arborea*	-20,2447	-42,8958
Salicaceae	*Casearia mariquitensis*	-19,7044	-42,5164
Salicaceae	*Casearia sylvestris*	-20,2447	-42,8958
Salicaceae	*Casearia ulmifolia*	-19,7978	-42,5525
Santalaceae	*Phoradendron crassifolium*	-19,8000	-42,6167
Santalaceae	*Phoradendron selloi*	-19,6719	-39,8828
Sapindaceae	*Urvillea rufescens*	-19,3949	-40,0719

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Sapindaceae	*Alatococcus siqueirae*	-19,5501	-39,8445
Sapindaceae	*Alatococcus siquierae*	-19,5500	-39,8444
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	-19,3456	-42,4086
Sapindaceae	*Allophylus puberulus*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Allophylus racemosus*	-19,8061	-42,5394
Sapindaceae	*Allophylus semidentatus*	-19,8061	-42,5394
Sapindaceae	*Allophylus sericeus*	-19,8061	-42,5394
Sapindaceae	*Cupania emarginata*	-19,6719	-39,8828
Sapindaceae	*Cupania furfuracea*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Cupania oblongifolia*	-19,7833	-42,6167
Sapindaceae	*Cupania racemosa*	-19,5650	-39,7746
Sapindaceae	*Cupania revoluta*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Dilodendron bipinnatum*	-19,7667	-42,6000
Sapindaceae	*Dilodendron elegans*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Matayba guianensis*	-19,6456	-39,8239
Sapindaceae	*Melicoccus espiritosantensis*	-19,4000	-40,0700
Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Melicoccus oliviformis intermedius*	-19,4211	-40,0675
Sapindaceae	*Paullinia carpopoda*	-19,8000	-42,6167
Sapindaceae	*Paullinia carpopodea*	-19,4167	-40,0667
Sapindaceae	*Paullinia marginata*	-19,4956	-40,2211
Sapindaceae	*Paullinia olivacea*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Paullinia racemosa*	-19,6719	-39,8828
Sapindaceae	*Paullinia revoluta*	-19,4167	-40,0667
Sapindaceae	*Paullinia riodocensis*	-19,6456	-39,8239
Sapindaceae	*Paullinia rubiginosa*	-19,5487	-40,4349
Sapindaceae	*Paullinia seminuda*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Paullinia ternata*	-19,6719	-39,8828
Sapindaceae	*Paullinia trigonia*	-19,7525	-42,6331
Sapindaceae	*Paullinia weinmanniaefolia*	-19,6000	-39,8167
Sapindaceae	*Paullinia weinmanniifolia*	-19,6719	-39,8828
Sapindaceae	*Pseudima frutescens*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Sapindus saponaria*	-19,3914	-40,0722
Sapindaceae	*Serjania caracasana*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Serjania communis*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Serjania dentata*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Serjania salzmanniana*	-19,6456	-39,8239
Sapindaceae	*Talisia*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Thinouia*	-19,3949	-40,0722
Sapindaceae	*Toulicia patentinervis*	-19,3949	-40,0719
Sapindaceae	*Vouarana guianensis*	-19,3949	-40,0719
Sapotaceae	*Chrysophyllum cainito*	-19,5571	-39,8573

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Sapotaceae	*Chrysophyllum gonocarpum*	-19,3914	-40,0722
Sapotaceae	*Chrysophyllum lucentifolium*	-19,4667	-40,0717
Sapotaceae	*Chrysophyllum splendens*	-19,5056	-39,8875
Sapotaceae	*Manilkara elata*	-19,3917	-40,0725
Sapotaceae	*Manilkara longifolia*	-19,3917	-40,0725
Sapotaceae	*Manilkara salzmannii*	-19,3917	-40,0725
Sapotaceae	*Manilkara subsericea*	-19,3914	-40,0722
Sapotaceae	*Manilkara triflora*	-19,3917	-40,0725
Sapotaceae	*Micropholis crassipedicellata*	-19,4667	-40,0717
Sapotaceae	*Pouteria beaurepairei*	-19,6135	-39,8071
Sapotaceae	*Pouteria caimito*	-19,6719	-39,8828
Sapotaceae	*Pouteria durlandii*	-19,6719	-39,8828
Sapotaceae	*Pouteria grandiflora*	-19,3949	-40,0719
Sapotaceae	*Pouteria hispida*	-19,7667	-42,6000
Sapotaceae	*Pouteria microstrigosa*	-19,6645	-42,5586
Sapotaceae	*Pouteria pachycalyx*	-19,4667	-40,0717
Sapotaceae	*Pouteria psammophila*	-19,3914	-40,0722
Sapotaceae	*Pouteria reticulata*	-19,4956	-40,2211
Sapotaceae	*Pouteria subcaerulea*	-19,7667	-42,6000
Sapotaceae	*Pouteria torta*	-19,7833	-42,6000
Sapotaceae	*Pradosia lactescens*	-19,5579	-39,8325
Sapotaceae	*Sarcaulus brasiliensis brasiliensis*	-19,3914	-40,0722
Sapotaceae	*Sideroxylon obtusifolium*	-19,6719	-39,8828
Schizaeaceae	*Lygodium volubile*	-19,5689	-39,7994
Schoepfiaceae	*Schoepfia brasiliensis*	-19,6719	-39,8828
Scrophulariaceae	*Bacopa monnieri*	-19,5792	-39,7925
Scrophulariaceae	*Buddleja stachyoides*	-19,7517	-42,6239
Selaginellaceae	*Selaginella contigua*	-20,2084	-43,4371
Selaginellaceae	*Selaginella convoluta*	-19,4956	-40,2211
Selaginellaceae	*Selaginella flexuosa*	-19,2783	-41,3729
Selaginellaceae	*Selaginella muscosa*	-19,2526	-41,3938
Simaroubaceae	*Picramnia ramiflora*	-19,6969	-42,5042
Simaroubaceae	*Simaba cedron*	-19,3949	-40,0719
Simaroubaceae	*Simaba floribunda*	-19,6693	-39,8854
Simaroubaceae	*Simaba paraensis*	-19,3949	-40,0719
Simaroubaceae	*Simaba subcymosa*	-19,4211	-40,0675
Simaroubaceae	*Simarouba amara*	-19,6089	-39,7999
Siparunaceae	*Siparuna guianensis*	-19,7044	-42,5164
Siparunaceae	*Siparuna reginae*	-19,7833	-42,4833
Smilacaceae	*Smilax elastica*	-19,5054	-40,2822
Smilacaceae	*Smilax quinquenervia*	-19,8061	-42,5394
Smilacaceae	*Smilax remotinervis*	-19,3914	-40,0722

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Smilacaceae	*Smilax rufescens*	-19,6719	-39,8828
Smilacaceae	*Smilax salicifolia*	-19,7667	-42,6000
Solanaceae	*Acnistus arborescens*	-19,5911	-42,5686
Solanaceae	*Aureliana fasciculata*	-19,7044	-42,5164
Solanaceae	*Aureliana lucidum*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Brunfelsia brasiliensis*	-19,7725	-42,6056
Solanaceae	*Brunfelsia clandestina*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Capsicum baccatum*	-19,7525	-42,6331
Solanaceae	*Cestrum laevigatum*	-19,6719	-39,8828
Solanaceae	*Cestrum retrofractum*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Cyphomandra sycocarpa*	-19,6719	-39,8828
Solanaceae	*Lycianthes pauciflora*	-19,7044	-42,5164
Solanaceae	*Physalis angulata*	-19,7333	-42,6167
Solanaceae	*Physalis pubescens*	-19,7667	-42,6386
Solanaceae	*Schwenckia americana*	-19,7678	-42,6369
Solanaceae	*Solanum acerifolium*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Solanum americanum*	-19,7333	-42,6167
Solanaceae	*Solanum asperum*	-19,5911	-42,5686
Solanaceae	*Solanum asterophorum*	-19,5608	-39,8025
Solanaceae	*Solanum bullatum*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Solanum caavurana*	-19,5054	-40,2822
Solanaceae	*Solanum campaniforme*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Solanum capsicoides*	-19,5579	-39,8325
Solanaceae	*Solanum cernuum*	-20,2697	-43,2972
Solanaceae	*Solanum cladotrichum*	-20,2146	-43,4424
Solanaceae	*Solanum cordifolium*	-19,5689	-39,7994
Solanaceae	*Solanum depauperatum*	-19,6692	-39,8869
Solanaceae	*Solanum hoehnei*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Solanum insidiosum*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Solanum jussiaei*	-19,3914	-40,0722
Solanaceae	*Solanum leucodendron*	-20,2146	-43,4424
Solanaceae	*Solanum martii*	-19,3914	-40,0722
Solanaceae	*Solanum megalonyx*	-19,5689	-39,7994
Solanaceae	*Solanum melissarum*	-19,3949	-40,0719
Solanaceae	*Solanum palinacanthum*	-19,7333	-42,6167
Solanaceae	*Solanum pseudoquina*	-19,5054	-40,2822
Solanaceae	*Solanum scuticum*	-19,5608	-39,8025
Solanaceae	*Solanum sooretamum*	-19,6645	-42,5586
Solanaceae	*Solanum swartzianum*	-19,5911	-42,5686
Solanaceae	*Solanum sycocarpum*	-19,6719	-39,8828
Solanaceae	*Solanum wacketii*	-19,7700	-42,6300
Solanaceae	*Solanum warmingii*	-19,7667	-42,6167

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Sterculiaceae	*Pterygota brasiliensis*	-19,3456	-42,4086
Talinaceae	*Talinum patens*	-19,3949	-40,0719
Tectariaceae	*Tectaria incisa*	-19,4353	-40,0739
Thelypteridaceae	*Macrothelypteris torresiana*	-19,7000	-42,5000
Thelypteridaceae	*Meniscium arborescens*	-19,2526	-41,3936
Thelypteridaceae	*Meniscium longifolium*	-19,2853	-41,3749
Thelypteridaceae	*Thelypteris cheilanthoides*	-20,2084	-43,4371
Thelypteridaceae	*Thelypteris conspersa*	-19,2585	-41,3735
Thelypteridaceae	*Thelypteris dentata*	-19,4367	-40,0731
Thelypteridaceae	*Thelypteris hispidula*	-19,7000	-42,5000
Thelypteridaceae	*Thelypteris interrupta*	-19,6908	-42,5131
Thelypteridaceae	*Thelypteris opposita*	-19,2585	-41,3735
Thelypteridaceae	*Thelypteris rivularioides*	-19,2526	-41,3936
Thelypteridaceae	*Thelypteris schwackeana*	-19,3522	-42,3968
Tiliaceae	*Luehea*	-19,7833	-42,6167
Turneraceae	*Turnera cuneiformis*	-19,5579	-39,8325
Turneraceae	*Turnera lucida*	-19,3949	-40,0719
Turneraceae	*Turnera orientalis*	-19,7667	-42,6167
Typhaceae	*Typha domingensis*	-19,6933	-42,4839
Ulmaceae	*Ampelocera glabra*	-20,2447	-42,8958
Ulmaceae	*Celtis fluminensis*	-19,5792	-39,7925
Ulmaceae	*Trema micrantha*	-18,8511	-41,9492
Urticaceae	*Boehmeria*	-19,7722	-42,5903
Urticaceae	*Cecropia hololeuca*	-19,6500	-42,5833
Urticaceae	*Cecropia pachystachya*	-19,3914	-40,0722
Urticaceae	*Coussapoa microcarpa*	-19,6719	-39,8828
Urticaceae	*Pilea pubescens*	-19,7044	-42,5164
Urticaceae	*Pourouma guianensis*	-19,5881	-42,5497
Urticaceae	*Urera*	-19,5228	-40,5231
Verbenaceae	*Bouchea fluminensis*	-19,3914	-40,0722
Verbenaceae	*Casselia integrifolia*	-19,3949	-40,0719
Verbenaceae	*Citharexylum myrianthum*	-19,5911	-42,5686
Verbenaceae	*Lantana camara*	-19,7333	-42,6167
Verbenaceae	*Lantana triplinervia*	-19,7667	-42,6333
Verbenaceae	*Lippia alba*	-19,5556	-39,8371
Verbenaceae	*Petrea volubilis*	-20,2831	-43,0408
Verbenaceae	*Stachytarpheta cayennensis*	-19,7764	-42,6272
Verbenaceae	*Stachytarpheta polyura*	-19,7333	-42,6167
Violaceae	*Amphirrhox longifolia*	-19,3949	-40,0719
Violaceae	*Anchietea pyrifolia*	-19,5579	-39,8325
Violaceae	*Anchietea sellowiana*	-19,6719	-39,8828
Violaceae	*Hybanthus calceolaria*	-19,5650	-39,7746

Família	Nome Cíentifico	Latitude	Longitude
Violaceae	*Hybanthus communis*	-19,5608	-39,8025
Violaceae	*Pombalia calceolaria*	-19,6719	-39,8828
Violaceae	*Rinorea guianensis*	-19,8061	-42,5394
Violaceae	*Rinorea maximiliani*	-19,3949	-40,0722
Vitaceae	*Cissus coccinea*	-19,5000	-40,2667
Vitaceae	*Cissus erosa*	-19,6933	-42,4839
Vitaceae	*Cissus verticillata*	-19,5000	-40,2667
Vochysiaceae	*Qualea cryptantha*	-19,6719	-39,8828
Vochysiaceae	*Qualea jundiahy*	-19,3949	-40,0719
Vochysiaceae	*Qualea magna*	-19,3949	-40,0719
Vochysiaceae	*Qualea megalocarpa*	-19,3949	-40,0719
Vochysiaceae	*Qualea multiflora*	-19,4667	-40,0703
Vochysiaceae	*Vochysia acuminata*	-19,3949	-40,0719
Vochysiaceae	*Vochysia angelica*	-19,4209	-39,9774
Vochysiaceae	*Vochysia oppugnata*	-19,3949	-40,0719
Vochysiaceae	*Vochysia riedeliana*	-19,6089	-39,7999
Vochysiaceae	*Vochysia tucanorum*	-19,3949	-40,0719
Xyridaceae	*Xyris asperula*	-20,2624	-43,3349
Xyridaceae	*Xyris jupicai*	-19,7031	-39,9327

APÊNDICE I - DADOS DE BASE DOS GRUPOS ZOOLÓGICOS

ENTOMOFAUNA

Métodos

O estudo da linha-base foi realizado em duas fases: a primeira tratou-se de um extensivo levantamento bibliográfico dos diferentes tipos de pesquisa desenvolvidos na área de abrangência deste estudo e a segunda foi sua descrição, visando à caracterização da fauna silvestre no período pretérito ao desastre.

É de suma importância a realização de um levantamento bibliográfico para definir um referencial teórico e, por meio disso, identificar as referências a ser utilizadas para a formatação de uma lista de espécies com ocorrência comprovada ou com potencial de ocorrência na área estudada, além de caracterizar a presença de espécies ameaçadas de extinção, endêmicas, exóticas e/ou invasoras e abordar aspectos como dados de abundância, densidade e outros parâmetros populacionais. A compilação espécie-específica, até o momento, culminou na organização de dados de 15 artigos, oito realizados no trecho Alto, três no trecho Médio, e quatro no Baixo rio Doce.

Esta pesquisa foi conduzida em toda a área de abrangência do estudo, compreendendo a bacia hidrográfica do rio Doce e os trechos do alto, médio e baixo rio Doce até a desembocadura desse mesmo rio no oceano Atlântico, com enfoque especial nas áreas afetadas pelo desastre.

Este extenso levantamento bibliográfico foi realizado mediante consultas em plataformas de periódicos nacionais e internacionais utilizando o software bibliométrico Publish or Perish® e em coleções museológicas pelo sistema integrado de dados primários de coleções científicas conhecido como speciesLink. Além disso, foram consultados diferentes estudos de impactos ambientais de empreendimentos da região disponíveis na rede mundial de computadores, bem como outros desenvolvidos nas unidades de conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Doce, com enfoque especial para as áreas afetadas diretamente pelo desastre.

Resultados

A maioria dos artigos avaliados teve amostras realizadas no Alto rio Doce, e a presente compilação demonstra que a bacia do rio Doce não possui estudos que contemplam sua extensa diversidade geológica. Por exemplo, não se encontrou nenhum estudo da entomofauna realizado na ampla distância de 150 km entre as cidades de Governador Valadares (MG) e Colatina (ES). De maneira geral, as pesquisas buscaram compreender a relação da comunidade de insetos às características ecológicas dos ambientes e como sua alteração determina o padrão de distribuição das espécies; a preservação de área naturais é preponderantemente sugerida como maneira de manter a diversidade de insetos nas regiões amostradas. A comunidade de insetos é sensível à alteração ambiental e sua resposta pode ser mensurada a curto e longo prazo em um curto espaço geográfico devido à dependência microclimática que muitas espécies apresentam (CASTRO et al 2012, PAOLUCCI et al. 2012). Por exemplo, Santos-Júnior et al (2018) descreveram uma nova espécie de abelha (*Bombus bahiensis*), cujas populações são

restritas às florestas costeiras do norte do Espírito Santo e sul da Bahia, a menor distribuição geográfica conhecida entre as espécies do gênero *Bombus* no Brasil. A compilação resultou no registro de 338 espécies de vespas, abelhas, formigas e borboletas amostradas na Floresta Atlântica da bacia do rio Doce nos 15 estudos avaliados (Tabela 49). Destas, 114 foram encontradas no Alto, 189 no Médio e 55 no Baixo rio Doce. O grupo Aculeata – que inclui as formigas, vespas e abelhas – teve o maior número de espécies consignadas: 223 formigas, 24 vespas e 82 espécies de abelhas. Apenas nove espécies de borboletas foram compiladas até o momento, embora a riqueza da macrorregião seja reconhecidamente muito grande. Além disso, oito espécies de abelhas tiveram ocorrência compartilhada nas listas dos estudos do Baixo e no Alto rio Doce, e 12 espécies de formigas foram encontradas por estudos realizados no Médio e também no Alto rio Doce (Tabela 49).

Duas espécies, a borboleta *Heliconius nattereri* e a formiga *Dinoponera lucida* estão classificadas como Vulneráveis à extinção no âmbito global (IUCN, 2018). *Heliconius nattereri* é uma espécie de uma linhagem primitiva que está perto da extinção, sendo uma das espécies mais comuns na Estação Ecológica Santa Lucia no Baixo rio Doce (VARASSIN & SAZIMA 2012) devido à presença de néctar das bromélias e à heterogeneidade ambiental. A formiga *Dinoponera lucida* é endêmica da Floresta Atlântica e está em risco devido à destruição e fragmentação histórica do domínio, principalmente no Espírito Santo e Sul da Bahia (ESCÁRRAGA et al. 2017). Ambas as espécies são frequentes, mas suas populações se encontram isoladas nos fragmentos florestais do delta do rio Doce.

Tabela 49 – Número de espécies de fomigas, vespas, abelhas e borboletas amostrado por estudos na bacia do rio Doce.

Taxa	Alto	Médio	Baixo	Total	Referências
Formigas	45	189	1	223	Faria & Rodrigues 2009; Fagundes et al. 2010; Ribas et al. 2011; Castro et al. 2012; Reis et al. 2013; Schmidt et al. 2013; Almeida et al. 2014
Vespas	24	0	0	24	Souza et al. 2014
Abelhas	45	0	45	82	Nemésio & Vasconcelos 2012; Varassin & Sazima 2012; Antonini et al 2013; Ferreira et al. 2013; Nemésio 2013; Nemésio et al. 2014
Borboletas	0	0	9	9	Varassin & Sazima 2012
Total	114	189	55	338	-

- *Alto rio Doce*

No estudo desenvolvido por Fagundes et al. (2007), cujo objetivo principal era avaliar o padrão sazonal de forrageio das formigas no Parque Estadual do Itacolomi (PEI), em Mariana/Ouro Preto (MG), foram registradas na transição I (estação chuvosa para seca) 51 espécies, sendo que 26 só ocorrem nessa estação. Na transição II (estação seca para chuvosa), foram encontradas 42 espécies, sendo 17 exclusivas dessa estação. Também foram registradas 25 espécies em ambas as estações. O estudo mostrou uma forte relação entre a sazonalidade e a taxocenose ou assembleia de formigas forrageadoras no tocante à abundância, mas baixa relação de riqueza.

Espírito Santo (2008), em estudo realizado também no PEI, visou pesquisar a distribuição, riqueza e abundância de formigas em estágios sucessórios em área de Floresta Atlântica. Nesse estudo,

verificou-se que no solo há maior riqueza e abundância de espécies se comparado ao dossel e sub-bosque da floresta e que, entre os diferentes estágios sucessórios dessa vegetação, não houve diferença significativa quanto à riqueza e abundância, porém a composição foi distinta. No solo, foram registradas 116 morfoespécies (espécie reconhecida apenas pela sua morfologia) pertencentes a 24 gêneros; no sub-bosque, 61 morfoespécies em 16 gêneros; e, no dossel, 49 morfoespécies. Ao todo, foram observadas 155 morfoespécies, distribuídas em 27 gêneros. Entre as subfamílias que mais obtiveram morfoespécies registradas, estavam Myrmicinae para os três estratos florestais, Ponerinae e Formicinae no solo e Formicinae, Ponerinae e Dolichoderinae na vegetação.

Azevedo et al. (2008), em estudo sobre a fauna de abelhas nos campos rupestres da cadeia do Espinhaço, buscaram avaliar a taxa de riqueza, padrões de distribuição geográfica e ameaças para a conservação desse grupo. Os resultados, somando os dados primários e secundários, apontam para a existência de ao menos 600 espécies de abelhas. Entre as principais ameaças diagnosticadas, estão: a mineração, as queimadas, a expansão imobiliária, a agropecuária, a apicultura comercial, o turismo desordenado e os reflorestamentos. Tanque (2009) analisou a composição e a sazonalidade de algumas subfamílias de Ichneumonidae (Hymenoptera) na unidade ambiental de Peti, no período entre os anos de 2002 e 2003, tendo capturado 475 indivíduos pertencentes a 14 gêneros e 39 espécies. Também forneceu valores de diversidade, havendo maior abundância e riqueza na estação chuvosa.

Fagundes et al. (2010) desenvolveram um estudo no PEI em uma região de floresta estacional semidecidual montana, identificando a ocorrência de 15 espécies de formigas em interação com uma espécie de bambu (*Merostachys fichcheriana*), sendo a espécie *Brachymyrmex heeri* mais abundante entre os nós.

Em estudo realizado por Sabino et al. (2011) no PEI, com o objetivo de avaliar a riqueza de espécies de abelhas em três fitofisionomias distintas nessa unidade de conservação, foram registradas 54 espécies, distribuídas em 25 gêneros e cinco famílias. Se comparada a riqueza avaliada com outros estudos realizados na mesma região, ela é baixa. Os autores justificam esse aspecto pelas particularidades climáticas e altitude elevada da área estudada. Como conclusão, apontam que a riqueza de abelhas foi maior na área de regeneração inicial, provavelmente devido à heterogeneidade nessa área ser maior que a das outras estudadas, tendo registrado um maior número de espécies de abelhas. Outra consideração realizada foi sobre as abelhas possuírem atividade sazonal ao longo do ano, seguindo a variação de recursos disponíveis, bem como estarem intimamente relacionadas com a diversidade de plantas, que disponibilizam alimento e sítio para nidificação.

Almeida, Louzada e Ribeiro (2011), em estudo realizado na estação ecológica do Tripuí, avaliaram a riqueza, abundância e composição de espécies de besouros de serapilheira. Foi registrada a ocorrência de 176 morfoespécies, pertencentes a 29 famílias, sendo a família Staphylinidae considerada a mais rica, com 29 morfoespécies (16%). Os pesquisadores constataram que a riqueza é influenciada pelo estágio sucessório da floresta e que as florestas em elevado estágio de conservação possuem grupos taxonômicos mais distintos. A abundância indicou que o estágio sucessório da floresta influenciou no número de indivíduos capturados. A floresta em estágio avançado também obteve maior quantidade de indivíduos, seguida pela floresta em estágio médio e inicial de sucessão ecológica.

Analisando o estudo desenvolvido por Curletti et al. (2013) sobre os gêneros Agrilus e Geralus da ordem Coleoptera na floresta atlântica presente no PERD e também no PEI, ao todo foram registradas 19 espécies.

Segundo Costa et al. (2015), a região da cadeia do Espinhaço é local de vários centros locais de biodiversidade e endemismo no Brasil. Com o intuito de aumentar o conhecimento sobre a riqueza de espécies de formigas, esses pesquisadores realizaram estudo no qual registraram a ocorrência de 288 espécies e 53 gêneros. Myrmicinae e Formicinae foram as subfamílias mais representativas, com 53% e 18% da riqueza total de espécies, respectivamente. Os gêneros com maior número de espécies foram *Pheidole* e *Camponotus*. A riqueza de espécies de formigas diminuiu com a altitude, com a maioria ocorrendo abaixo de 800 m s.n.m. (171) e poucas, acima de 1.600 m s.n.m. (17).

Santo e Ribeiro (2011) encontraram no PEI a espécie *Linepithema humile* (MAYR, 1868), considerada invasora em vários lugares do mundo. Essa espécie é nativa do sul da América do Sul e, devido ao seu padrão de comportamento social, possui capacidade de colonizar novos locais e impedir que outras espécies utilizem os mesmos recursos. Sua ocorrência no PEI é preocupante, pois, em outras regiões do Sudeste do Brasil, ela não foi encontrada em baixas densidades. Um exemplo do comportamento agressivo da espécie relatado pelos autores é que, nas árvores em que ela foi registrada, outras espécies de formigas também dominantes e altamente frequentes na unidade de conservação não foram encontradas, podendo *L. humile* estar deslocando espécies nativas do Itacolomi, acarretando alterações na assembleia de formigas e outros artrópodes da região.

Martins et al. (2012) compilaram as informações a respeito da fauna de abelhas dos campos rupestres ferruginosos no quadrilátero ferrífero do Parque Estadual Serra do Rola Moça (PESRM) e Ouro Preto a partir de dados secundários e primários. Os resultados apontam uma riqueza de 107 espécies: 101 na Serra do Rola Moça, 46 em Ouro Preto (área urbana) e 49 na Serra da Brígida, cada área apresentando 69, quatro e 13 espécies exclusivas, respectivamente. A maioria das espécies pode ser considerada rara pela baixa abundância. A grande riqueza de espécies raras e/ou restritas aos ambientes de campos ferruginosos aumenta a importância desses ecossistemas para a conservação da fauna de abelhas.

- Médio rio Doce

Segundo Francischetti (2007), foi registrada a ocorrência de 50 espécies de Ephemeroptera, pertencentes a sete famílias e 32 gêneros, no PERD. Esse grupo de insetos é importante indicador de qualidade ambiental e de interferências antrópicas que alteram o ambiente aquático. Foram descritas duas espécies restritas a áreas em elevado estágio de conservação: *Homoeoneuria* sp.n. (Oligoneuriidae) e *Thraulodes* sp.n. (Leptophlebiidae). Com a realização desse estudo, foi ampliado o conhecimento de 19 para 25 gêneros registrados para Minas Gerais, bem como de 28 para 37 espécies registradas nesse estado.

Em estudo realizado por Souza et al. (2014), avaliou-se o comportamento sazonal do mosquito palhinha (Phlebotomine, família Psychodidae), na área urbana de Timóteo (MG), foco endêmico de Leishmaniose Tegumentar (LT). Entre as variáveis climáticas avaliadas (precipitação, umidade relativa e temperatura), apenas a temperatura influenciou a ocorrência sazonal do inseto. No estudo, foi registrada a ocorrência de 17 espécies, sendo *Lutzomyia whitmanii* a mais abundante e principal vetor

de LT. Os resultados sugerem que o ciclo de transmissão de *Leishmania* spp. ocorre na área urbana do município de Timóteo. Não houve correlação direta entre o comportamento sazonal e as variáveis climáticas, o que pode ser explicado principalmente por sua grande capacidade de adaptação aos ambientes antrópicos e marginais às residências, havendo acesso aos alimentos com maior facilidade e condições adequadas para sua reprodução. Francischetti et al. (2015) publicaram um estudo realizado na zona de amortecimento do PERD, com foco na efemeropterofauna na família Baetidae, registrando a ocorrência de dez gêneros e 19 espécies.

Silva et al. (2010) estudaram as borboletas frugívoras do PERD, registrando a ocorrência de 83 espécies, sendo quatro consideradas raras. Quanto às famílias representadas, Biblidinae possuía 28 espécies (33,7%), Satyrinae, 28 espécies (33,7%), Charaxinae, 16 espécies (19,4%), Brassolinae, seis espécies (7,2%), Nymphalinae, três espécies (3,6%) e Morphinae, duas espécies (2,4%). Foram registradas 75 espécies no dossel, sendo 11 exclusivas desse habitat, e 72 espécies no sub-bosque, sendo oito exclusivas desse estrato. Os resultados do estudo sugerem que a riqueza levantada no PERD é similar à de outras áreas da Floresta Atlântica. Um destaque apontado pelos autores é sobre o registro da ocorrência de uma espécie ameaçada de extinção, *Agrias claudina*, e três consideradas raras, *Prepona pylene*, *Godartiana byses* e *Diaethria eluina*.

Ao analisar o estudo realizado por Castro et al. (2011) sobre a assembleia de formigas de serapilheira nas florestas estacionais semideciduais do PERD, foram registrados 51 gêneros, distribuídos em 11 subfamílias. Um fator que merece destaque nesse estudo é que foram observadas 11 subfamílias das 14 conhecidas para a região neotropical, demonstrando a importância biológica elevada dessa região para a taxocenose de formigas. Desse total de gêneros, registraram-se 196 morfoespécies, entre espécies novas e raras.

Em um estudo elaborado por Souza et al. (2012), com o objetivo de inventariar a diversidade de espécies de vespas sociais no PERD, foi registrada a ocorrência de 38 espécies, sendo dez registros inéditos e uma nova espécie do gênero *Mischocyttarus* para o estado. Os períodos mais quentes e chuvosos do ano foram os mais propícios para o registro das espécies e também dos ninhos. A diversidade observada foi maior que em outros locais, como São Paulo e Bahia, o que pode ter sido motivado pelo elevado grau de conservação e menor antropização da unidade de conservação. Algumas espécies de vespas sociais da Floresta Atlântica não ocorrem em áreas de Cerrado, florestas ripárias, campo rupestre e áreas de pastagem. Assim, qualquer interferência em remanescentes florestais desse bioma pode afetar e diminuir sua diversidade, demonstrando a importância do PERD para a manutenção da diversidade de vespas sociais em Minas Gerais.

Nemésio (2003), em estudo realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural Feliciano Miguel Abdalla (RPPN-FMA), em Caratinga (MG), registrou a ocorrência de sete espécies de abelhas Euglossina. Oliveira e Wieloch (2005) descreveram uma espécie nova de Onycophora para a Floresta Atlântica. Nemésio e Silveira (2006), em estudo que objetivou levantar a diversidade de espécies de abelhas associadas a orquídeas no PERD, registraram a ocorrência de 20 espécies. *Euglossa analis* e *Eulaema cingulata* apresentaram distribuições contrastantes com relação ao habitat: enquanto os machos da primeira espécie foram coletados em maior número no interior da mata, machos de *E. cingulata* foram mais comuns na borda ou próximo a esta. Neves (2005), em estudo realizado no PERD,

amostrou 314 insetos herbívoros e separou-os em guildas por morfoespécies, fornecendo dados de abundância e riqueza para cada ordem/família. Soares (2006), com o objetivo de estudar a influência de fatores bióticos e abióticos nas assembleias de insetos herbívoros do PERD, encontrou 331 insetos herbívoros de 153 espécies.

Analisando o estudo desenvolvido por Curletti et al. (2013) sobre os gêneros *Agrilus* e *Geralus* da ordem Coleoptera na floresta atlântica presente no PERD, foram registradas as espécies: *Geralius furciventris, Autarcontes mucoreus, Agrilus (Agrilus) gracchus, Agrilus (Agrilus) zikani, Agrilus (Agrilus) pirilampo, Agrilus (Agrilus) sedyi, Agrilus (Agrilus) luederwaldti, Agrilus (Agrilus) arnus, Agrilus (Agrilus) disorientatus, Agrilus (Agrilus) consentaneus, Agrilus (Agrilus) gileti, Agrilus (Agrilus) coal, Agrilus (Agrilus) rarestriatus, Agrilus (Agrilus) taediosus* e *Agrilus (Agrilus) vanini*. Para o PEI, foram observadas: *Agrilus (Agrilus) sp., Agrilus (Agrilus) clazon, Agrilus (Agrilus) badius* e *Agrilus (Agrilus) octavius*.

Nemésio e Paula (2013), em estudo realizado na RPPN-FMA sobre a fauna de abelhas associadas a orquídeas, registraram a ocorrência de oito espécies. *Euglossa despecta* foi uma das espécies dominantes registradas em estudo anterior, porém, neste estudo, não foi observada. As espécies registradas foram as seguintes: *Eufriesea surinamensis, Ef. violacea, Euglossa fimbriata, Eg. Pleosticta, Eg. securigera, Eg. truncata, Eulaema marcii* e *El. nigrita*.

Francischetti et al. (2015) realizaram um levantamento de Ephemeroptera no PERD e em sua área de amortecimento, identificando dez gêneros e 19 espécies. Também forneceram registros das espécies em outras localidades e relataram o substrato em que as espécies foram registradas em seus respectivos ambientes lóticos. Destaca-se o registro de *Camelobaetidius spinosus* (BOLDRINI et al., 2012).

- Baixo rio Doce

As restingas e as matas de tabuleiro presentes no delta do rio Doce, em conjunto com extensas áreas de brejos sob influência de várias lagoas do sistema de várzeas do vale do Suruaca, foram demarcadas pela atividade agropastoril e crescimento urbano. Nesse conjunto de habitats, um levantamento de escarabeídeos (Coleoptera) foi desenvolvido por Schiffler et al. (2003), entre agosto e dezembro de 2000, mais especificamente em seis áreas: (i) fazenda Maria Bonita, localizada a cerca de 22 km de Linhares, junto à margem sul do rio Doce; (ii) área de mata de aluvião Reserva Biológica (Rebio) de Comboios, localizada ao sul do rio Doce; (iii) área de cabruca da fazenda Bom Conselho, localizada a 18,6 km de Linhares, junto à margem norte do rio Doce; (iv) área de restinga arbórea da fazenda Benesfort, localizada junto à vila de Povoação, a 36 km de Linhares; (v) área de pastagem na entrada da vila de Pontal do Ipiranga; (vi) área de restinga arbustiva próxima à mesma vila. Registraram-se 23 espécies de escarabeídeos, pertencentes a 13 gêneros e a seis tribos (Ateuchini, Canthonini, Phanaeini, Eurysternini, Onthophagini e Coprini), sendo 15 delas identificadas em nível específico. Da tribo Ateuchini, *Ateuchus squalidus* é citada como uma espécie bastante frequente em matas de restinga e *Trichillum externepunctatum*, típica do Cerrado e de pastagens. Do gênero *Canthidium*, duas espécies são bastante frequentes na Floresta Atlântica, do nível do mar até cerca de 800 m de altitude. Da tribo Canthonini, destacam-se *Canthon staigi* e *C. maragdulus*, muito comuns em áreas de Floresta Atlântica de baixa altitude, sendo que a primeira também ocorre na restinga. A espécie do gênero *Deltochilum* foi classificada como uma provável nova espécie.

Ainda em relação à caracterização das subtribos encontradas por Schiffler et al. (2003), a tribo Phanaeini foi representada apenas por *Coprophanaeus jasius*, espécie de ampla distribuição na América do Sul, e a tribo Eurysternini, por duas espécies: *Eurysternus caribaeus* e *Eurysternus hirtellus*. A tribo Onthophagini foi representada apenas por *Digitonthophagus gazella*, espécie introduzida na década de 1980 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Por fim, a tribo Coprini foi representada por *Cha-ocopris hespera*, espécie típica da Floresta Atlântica desde o nível do mar até cerca de 1.200 m, além de quatro espécies de *Dichotomius*: *D. nisus*, característica de ambientes abertos da América do Sul; *D. sericeus*, típica de Floresta Atlântica de baixa altitude; *D. geminatus*, distribuída por toda a região da Caatinga e pelo litoral, desde o Espírito Santo até o Maranhão; e *D. semisquamosus*, comum em áreas degradadas de restinga e Floresta Atlântica.

As moscas-da-fruta (Tephritidae) tiveram sua diversidade em pomares comerciais de papaia e em áreas remanescentes de Floresta Atlântica do município de Linhares caracterizada por Uramoto (2007). As localidades da Floresta Atlântica amostradas foram a Reserva Natural Vale (RNV) e a Floresta Nacional (Flona) de Goytacazes. Com um esforço amostral de cinco anos (de 2001 a 2006), os remanescentes do bioma foram representados por 27 espécies, sendo cinco novas ou possivelmente não descritas. Além disso, 14 exemplares de *Cerattis capitata* e 6.821 fêmeas de *Anastrepha* foram coletados. Nos pomares, por seu turno, foram capturados 30 exemplares de C. capitata e 330 fêmeas de *Anastrepha*, distribuídas em 14 espécies. A diferença de abundância e de riqueza, pelo índice de diversidade de Margalef, mostrou-se significativa, exemplificando o impacto do cultivo de pomares pela dissimilaridade desses parâmetros.

A diversidade de Ephemeroptera do Espírito Santo foi bem documentada para o estado pela primeira vez por Salles et al. (2010), num estudo que incluiu as regiões da Rebio Sooretama e os municípios de Santa Teresa, Linhares, São Mateus e Fundão, entre outras áreas do estado, de 2008 e 2009. Marcada por uma riqueza surpreendente, os autores registraram 76 espécies de efemerópteros, pertencentes a 41 gêneros e nove famílias, as quais constituem 25% das espécies brasileiras, 65% dos gêneros e quase todas as famílias ocorrentes no Brasil. Ainda, 17 dessas espécies foram novidades científicas: 11 espécies de Baetidae, quatro de Leptophlebiidae e duas de Leptohyphidae. Os registros somaram 64 novas espécies, além de 31 gêneros e quatro famílias para o estado. Das espécies coletadas, cinco não puderam ser identificadas: uma de Baetidae (*Callibaetis*), três de Leptophlebiidae (*Thraulodes*) e uma de Oligoneuriidae (*Lachlania*). Comparado a outros estados, como Rio de Janeiro (30 gêneros e 51 espécies), Amazonas (31 gêneros e 43 espécies), São Paulo (27 gêneros e 35 espécies) e Santa Catarina (20 gêneros e 37 espécies), a diversidade de efemerópteros é extremamente alta, representando mais de um quarto das espécies brasileiras, cerca de dois terços dos gêneros e quase todas as famílias. Ademais, esses registros ampliam a área de ocorrência de diversas espécies de maneira significativa, como *Cloeodes opacus* (Baetidae), registrada somente para a Argentina, uma espécie de Caenidae (*Caenis fittkaui*), cinco espécies de Leptophlebiidae – *Fittkaulus cururuensis*, *Hydrosmilodon gilliesae*, *Miroculis fittkaui*, *Simothraulopsis* (*M.*) *plesius* e *S.* (*S.*) *demerara* –, e uma de Polymitarcyidae (*Campsurus latipennis*), todas conhecidas apenas na região amazônica.

Destaca-se que grande parte dos registros realizados por Salles et al. (2010), somada a registros posteriores, resultou na descrição de novas espécies de Ephemeroptera, das quais algumas são

citadas no Termo de Referência do Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) como espécies representantes da biota impactada pelo rompimento da barragem de Fundão a ser submetidas ao processo de avaliação do estado de conservação. São elas: *Adebrotus lugoi* (SALES, 2010), *Baetodes capixaba* (SOUZA; SALLES; NESSIMIAN, 2011), *Baetodes iuaquita* (SOUZA; SALLES; NESSIMIAN, 2011), *Camelobaetidius spinosus* (BOLDRINI et al., 2012) e *Hermanella nigra* (NASCIMENTO; SALLES, 2013), todas citadas como vulneráveis.

A Flona de Goytacazes e sua área antrópica de entorno tiveram a fauna de Culicidae colonizadores de larvitrampas amostrada por Rezende et al. (2011), entre 2008 e 2009. Nesse levantamento, 664 indivíduos pertencentes a seis espécies (*Culex nigripalpus, Culex pleuristriatus, Haemagogus leucocelaenus* e *Limatus durhami*) foram registrados, sendo 534 espécimes (80,4%) originários do ambiente florestal e 130 (19,6%), do ambiente antrópico. *H. leucocelaenus* não era relatado há mais de 40 anos no estado do Espírito Santo. *H. capricornii* e *H. janthinomys* são essencialmente silvestres, sendo os ocos de árvores seus criadouros preferenciais, e os *Toxorhynchites* spp. ocorreram somente em ambiente florestal. *Culex* spp. foi encontrado quase exclusivamente em ambiente florestal e a ocorrência de *L. durhami* nos dois ambientes sugere tendência de domesticação. Houve maior abundância no período chuvoso, exceto no mês de dezembro, quando teve excesso de chuva, o qual provavelmente influenciou a amostragem pelas larvitrampas.

Pellens e Garay (1999) estudaram o efeito do cultivo do café (*Coffea robusta*) na composição da fauna edáfica na Reserva Natural da Vale (RNV). As unidades amostrais foram uma área florestal primária, também denominada floresta dos tabuleiros terciários, e uma plantação de café. A comunidade edáfica apresentou diversas ordens de macroartrópodes, de diferentes estágios de desenvolvimento. Mensurada pela riqueza média por amostra, a diversidade foi maior no verão, sendo que apenas no mês de setembro os valores de riqueza foram maiores na floresta primária (16,3 grupos por amostra) do que na plantação de *C. robusta* (12,5 grupos por amostra). Isso se explica pela maior predominância de alguns grupos quando ocorre o aumento da densidade no verão. Os resultados, em termos de densidade, abundância e riqueza, mostraram que a plantação de *C. robusta* proporciona uma assembleia edáfica tão abundante quanto a observada na floresta primária, apesar de apresentar uma estrutura bastante distinta daquela sob a floresta: no solo das plantações de café, a maior parte dos indivíduos coloniza preferencialmente as camadas de folhas em decomposição, com a ausência de grupos como *Diplura* e *Pseudoscorpionida*. Além disso, as densidades variaram mais acentuadamente entre o inverno e o verão, os insetos sociais foram menos abundantes e houve dominância de certos grupos não sociais.

Nogueira (2012) analisou a diversidade e efeito de borda na assembleia de borboletas frugívoras da mata de tabuleiros da Rebio Sooretama. Foram coletados 199 exemplares, distribuídos em 32 espécies, pertencentes a seis subfamílias de Nymphalidae: Satyrinae, com 34% das espécies, Biblidinae (22%), Charaxinae (19%), Brassolinae (13%), Morphinae e Nymphalinae (6%). Satyrinae e Biblidinae apresentaram maior abundância e riqueza de espécies. Para Satyrinae, as espécies mais abundantes foram *Pseudodebis euptychidia*, com 44 exemplares, e *Taygetis leuctra*, com 24, e, para Biblidinae, *Hamadryas epinome*, com 24, e *Eunica maja*, com 18 exemplares. A curva de acumulação de espécies não alcançou a assíntota, indicando maior riqueza do que a coletada no estudo. Dez espécies tiveram

baixa abundância: *Eryphanis automedon automedon, Opsiphanes invirae pseudophilon, Caligo idomeneus ariphron, Archaeoprepona demophon, Hypna clytemnestra, Biblis hyperia, Catonephele numilia penthia, Hamadryas arete, Taygetis acuta* e *Historis odius dious*. Além disso, cinco não haviam sido registradas para o estado do Espírito Santo: *Morpho helenor achillaena*, com seis indivíduos; *Memphis moruus stheno*, com dois indivíduos; *Cissia myncea*, com três indivíduos; *Cloreuptychia herseis*, com quatro indivíduos; e *Taygetis leuctra*, com 24 indivíduos.

Apesar de nenhuma das espécies registradas por Nogueira (2012) estar incluída em alguma lista de ameaça, quatro espécies da lista de borboletas são raras e indicadoras de ambientes especialmente ricos e apontados como prioritários para conservação na Floresta Atlântica (BROWN JR; FREITAS, 2000). Foram observadas por Nogueira (2012): *Morpho menelaus coeruleus*, com dois indivíduos coletados; *Taygetis acuta*, com um indivíduo; *Godartiana byses*, com quatro indivíduos; e *Caligo idomeneus ariphron*, com um indivíduo. Mesmo sendo uma riqueza baixa quando comparada à de Santa Teresa, também no estado, com 321 espécies de borboletas Nymphalidae, das quais 185 eram frugívoras, as 32 espécies registradas somam ao fato de o estado do Espírito Santo ter sua riqueza de borboletas frugívoras pouco conhecida. A análise da abundância e riqueza entre borda e interior da mata mostrou diferença significativa tanto entre espécies quanto entre subfamílias, com 11 espécies ocorrendo exclusivamente na borda: Taygetis acuta, Historis odius, Historis acheronta, Catonephele numilia penthia, *Biblis hyperia, Eryphanis automedon, Cissia myncea, Pareuptychia ocirrhoe interjecta, Hermeuptychia hermes, Archaeoprepona demophoon* e *Archaeoprepona demophon*; e 11 espécies exclusivas do interior da mata: *Hypna clytemnestra, Caligo idomeneus ariphron, Zaretis sp., Myscelia orsis, Hamadryas arete, Morpho menelaus coeruleus, Dasyophthalma creusa, Opsiphanes invirae pseudophilon, Godartiana byses, Archeuptychia clouena* e *Cloreuptychia herseis*.

HERPETOFAUNA

Métodos

O estudo da linha-base deste grupo taxonômico foi realizado em duas fases: a primeira tratou-se de um extensivo levantamento bibliográfico dos diferentes tipos de pesquisa desenvolvidos na área de abrangência deste estudo e a segunda foi sua descrição, visando à caracterização da fauna silvestre no período pretérito ao desastre.

É de suma importância a realização de um levantamento bibliográfico para definir um referencial teórico e, por meio disso, identificar as referências utilizadas para a formatação de uma lista de espécies com ocorrência comprovada na região e/ou com potencial de ocorrência na área estudada, além de caracterizar a presença de espécies ameaçadas de extinção, endêmicas, exóticas e/ou invasoras, além de abordar aspectos como dados de abundância, densidade e outros parâmetros populacionais.

Esta pesquisa foi conduzida em toda a área de abrangência do estudo, compreendendo a bacia hidrográfica do rio Doce e os trechos do alto, médio e baixo rio Doce, até a desembocadura desse mesmo rio no oceano Atlântico, com enfoque especial nas áreas afetadas pelo desastre. O trecho alto compreende a região da barragem de Fundão até a UHE Risoleta Neves, incluindo as cabeceiras do rio Doce na porção sul da Serra do Espinhaço – rios Gualaxo do Norte, Carmo, Piracicaba e Piranga. O trecho médio inclui a região entre as UHEs Risoleta Neves e Mascarenhas, entre os municípios de Rio Doce (MG) e Baixo Guandu (ES), respectivamente. Esse trecho abrange os municípios mineiros de Ipatinga (passando pelo PERD), Governador Valadares e Conselheiro Pena (onde se localiza o PESS). Por fim, o trecho denominado baixo rio Doce compreende a região entre o município de Baixo Guandu e Linhares, até a foz do rio Doce no oceano Atlântico. Na porção marinha, foi estabelecido um raio aproximado de 50 km da foz do rio para o levantamento das informações.

Este extenso levantamento bibliográfico foi realizado mediante consultas em plataformas de periódicos nacionais e internacionais utilizando o *software* bibliométrico Publish or Perish® e em coleções museológicas por meio do sistema integrado de dados primários de coleções científicas conhecido como speciesLink. Além disso, foram consultados diferentes estudos de impactos ambientais de empreendimentos da região disponíveis na rede mundial de computadores, bem como outros desenvolvidos nas unidades de conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Doce, com enfoque especial nas áreas afetadas diretamente pelo desastre.

Devido às características do desastre (súbita inundação de lama), entende-se que a porção referente ao alto rio Doce sofreu ação mais intensa devido ao extravasamento da lama e inundação de terras adjacentes ao seu leito. Nesse cenário, as populações de répteis e anfíbios que viviam nestas áreas sofreram com a ação direta do rejeito advindo do rompimento da barragem de Fundão. Nas áreas correspondentes ao médio e baixo rio Doce o rejeito permaneceu retido no leito original, afetando diretamente somente o corpo de água, e indiretamente as populações de áreas lindeiras. Dada a baixa mobilidade da maior parte da herpetofauna, a intensidade e subtaneidade do desastre provavelmente acarretou danos com diferentes intensidades às populações ao longo do rio Doce. Associam-se, ainda, caraterísticas importantes da história natural de cada espécie, na qual, provavelmente, animais de hábitos terrestres e fossoriais são sujeitos a danos de maior intensidade em áreas onde houve

soterramento pela lama. Indivíduos de espécies com hábitos arborícolas ou arbustivas podem ter encontrado meios de se manter fora do alcance da lama, sobre árvores e arbustos. Espécies de hábitos aquáticos residentes nas áreas do alto rio Doce, até a barragem de Risoleta Neves (Candonga), também estiveram sujeitas a maior dano em função do volume e intensidade da lama, com concentração maior daquela observada nos trechos médio e baixo rio Doce.

Além das peculiaridades que envolvem o desastre em função de suas caraterísticas físicas, associadas a aspectos importantes da história natural e distribuição das espécies da região, também é necessário avaliar questões referentes à forma de utilização dos dados da literatura, seja para elaboração de listas de espécies, seja para comparações da composição de espécies entre áreas. Estas questões são relevantes na interpretação dos dados, especialmente quanto a seu uso na predição da riqueza e composição de assembleias herpetológicas, os quais devem ser utilizados com prudência, mesmo entre áreas geograficamente próximas e/ou com composições estruturais semelhantes. Neste sentido, seguiram-se as seguintes premissas:

Padrões de distribuição disjunta ou restrita: boa parte dos anfíbios e répteis tem distribuição bastante restrita, muitas vezes limitada a nichos ecológicos específicos (GARCIA et al. 2007). Por exemplo, Di-Bernardo et al. (2007) descreveram padrões de distribuição em mosaico para algumas serpentes no sul do Brasil, onde fatores ecológicos podem ser responsáveis pela restrição de suas ocorrências mesmo dentro de suas áreas de distribuição, contribuindo para diferenças pontuais na riqueza observada entre áreas próximas. Mesmo após grande incremento de estudos que buscaram avaliar a composição de assembleias nos domínios vegetacionais do país, não são raros os exemplos de registros de espécies que estejam fora dos seus padrões convencionais de distribuição, constituindo limites extremos de distribuição, ou apontando populações aparentemente "ilhadas", longe dos padrões de distribuição até então conhecidos. Mesmo com o advento de estudos mais sofisticados, que buscam avaliar a distribuição de espécies por meio de modelagem ecológica, ainda são comuns registros fora das áreas previstas. Exemplo disso é o anuro *Melanophryniscus spectabilis*, recentemente descoberto no estado do Paraná (REUNAUD et al, 2018), ocasião que aumenta a distribuição conhecida da espécie em 100 km ao norte. Giasson et al (2011) descreveram que *M. spectabilis* ocorreria apenas nas florestas estacionais da bacia do rio Uruguai, embora Garcia et al. (2007) citem a espécie como endêmica da floresta ombrófila mista. O novo registro foi realizado em floresta ombrófila mista na bacia do rio Iguaçu e promoveu aumento na altitude de ocorrência da espécie, da faixa de 380 a 875 metros de altitude (Giason et al 2011) para até 1.100 metros de altitude. Di-Bernardo et al. (2007) estudaram serpentes de uma área de Floresta Atlântica com mata de araucária no sul do Brasil. Neste estudo foi aplicado um esforço de procura ao longo de 30 meses consecutivos, totalizando 1.525 horas.homem de busca ativa; apesar do grande esforço amostral, onze espécies de serpentes típicas da região e registradas em áreas muito próximas à do estudo não foram registradas, fenômeno atribuído a padrões de distribuição disjunta. Balestrin (2008), em estudo conduzido no Rio Grande do Sul, encontrou uma serpente da tribo Elapomorphini pertencente a um gênero ainda não descrito, um novo registro de uma serpente do gênero *Phymophis* que pode representar uma espécie nova, e redescobriu uma espécie de anfíbio (*Melanophryniscus pachyrhynus*)

conhecida até então por dois espécimes coletados em 1890 e 1905 (VAZ-SILVA et al.,2008) em localidade distante cerca de 70 km de sua área de estudo. Estes ainda mais exemplos que fundamentam a necessidade da seguir o princípio da precaução quando se consideram limites de distribuição de espécies da herpetofauna, principalmente, em áreas pobremente estudadas, como é o caso de grande parte da bacia do rio Doce.

Estudos com amplo escopo biogeográfico: padrões biogeográficos normalmente utilizados em estudos herpetofaunísticos são extremamente amplos e, invariavelmente, mascaram distribuições limitadas ou disjuntas (DI-BERNARDO et al. 2007). Desta forma, por mais que se tente estimar a riqueza de espécies de determinada área com base em registros de literatura, estudos em campo são necessários para contemplar a ocorrência de distribuição em mosaico e apontar particularidades que não podem ser previstas por meio de tais registros (p.ex. ocorrência de pequenas manchas de vegetação tipicamente habitadas e visadas por algumas espécies).

Esforço de captura insuficiente: o esforço empregado na realização dos estudos disponíveis na literatura é um aspecto importante a ser considerado. Principalmente no inventariamento de serpentes, sabe-se da necessidade de estudos de longo prazo que consigam caracterizar a riqueza de um determinado local (DI-BERNARDO et al. 2007; BALESTRIN, 2008). Por serem animais inconspícuos, de difícil amostragem e não serem adequadamente contemplados por métodos de amostragem passiva (*pitfalls*, covos, abrigos artificiais, entre outros), há necessidade de grande esforço de busca ativa para amostrar de forma representativa esse grupo de animais. Quando realizados, estudos em longo prazo usualmente resultam em ampliações da distribuição conhecida de espécies, inicialmente não previstas nessas áreas, indicam padrões de distribuição disjunta, ou revelam espécies novas ainda desconhecidas pela comunidade científica (DI-BERNARDO et al. 2007; BALESTRIN, 2008).

Para a elaboração da lista de espécies a nomenclatura utilizada foi seguiu as deliberações da Sociedade Brasileira de Herpetologia (COSTA; BÉRNILS, 2015; SEGALLA et al., 2016); nomes populares seguiram os descritos em Deiques et al. (2007) e Haddad et al. (2008), enquanto hábitat, hábito e *status* de ocorrência foram baseados em Haddad et al. (2008). Para a classificação de cada espécie registrada na área de ocorrência deste estudo quanto ao aspecto do estado de ameaça nos diferentes âmbitos abordados (estadual, nacional e mundial), foram utilizadas as listas vermelhas de fauna ameaçada, elaboradas por Passamani e Mendes (2007) para o Espírito Santo e Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM) (MINAS GERAIS, 2010) para Minas Gerais, além da Portaria nº 444 (BRASIL, 2014) e da lista mundial (IUCN, 2018).

A análise e interpretação de dados de literatura, especialmente para a herpetofauna, requer alguns cuidados específicos quando do tratamento dos dados. É necessário avaliar questões referentes à forma de utilização dos dados da literatura, seja para elaboração de listas de espécies, seja para comparações da composição de espécies entre áreas. Estas questões são relevantes na interpretação dos dados, especialmente quanto a seu uso na predição da riqueza e composição de assembleias herpetológicas, os quais devem ser utilizados com prudência, mesmo entre áreas geograficamente próximas e/ou com composições estruturais semelhantes. Neste sentido, seguiram-se as seguintes premissas:

Resultados

No estado de Minas Gerais, a fauna de anfíbios é de aproximadamente 200 espécies (SILVANO; SEGALLA, 2005), compreendendo anuros (sapos, rãs e pererecas) e gimnofionas (cecílias), o que representa quase um terço das mais de 600 espécies existentes no Brasil (PRESERVE MURIQUI, 2014). Os anfíbios são considerados excelentes bioindicadores da qualidade ambiental por atributos de sua biologia, que incluem a dependência da água para a reprodução e crescimento, além das interações ecológicas complexas e aspectos de sua dinâmica populacional (BERTOLUCI et al., 2009).

A dependência de água, principalmente em uma das duas fases da vida de um anfíbio, é um dos principais determinantes da sensibilidade ambiental desses animais, pois implica uma pele muito delicada e permeável. Essa característica pode conferir alta sensibilidade e rápida reação às mudanças do ambiente em que vive, como impactos ambientais no geral, além da presença de poluentes, pesticidas, chuva ácida e radiação (RAMOS; GASPARINI, 2004). Além de bons indicadores, os anfíbios possuem importância ecológica por controlar as populações de diversos invertebrados e são alvos de pesquisas farmacêuticas por seu potencial de produzir diversas toxinas em sua pele, as quais podem servir como medicamento ou fármaco (RAMOS; GASPARINI, 2004).

Poucas áreas foram alvos de estudo de composição de anfíbios na bacia do rio Doce. Apesar dos endemismos gerados pelos complexos serranos (Mantiqueira, Caparaó e Brigadeiro), os quais são considerados de alta prioridade para a conservação, grandes fragmentos da Floresta Atlântica localizados em planícies de inundação, como o PERD, também são relevantes para a conservação de anfíbios. A região sul da Serra do Espinhaço, incluindo Mariana e Ouro Preto, ecótono de Floresta Atlântica-Cerrado, apresenta elevada riqueza e endemismo, além de espécies associadas a cada um dos biomas. As regiões com maior riqueza de anfíbios na bacia do rio Doce foram identificadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2007), das quais se destacam a região de Linhares, no baixo rio Doce, além do PERD e da região de Conselheiro Pena, próxima ao PESS, ambos situados no médio rio Doce.

Os répteis, por sua vez, possuem diversos representantes de níveis tróficos superiores (predadores, como crocodilianos e serpentes), mas também ocupam outros níveis tróficos (BERTOLUCI et al., 2009). Sua representação como bioindicadores, no entanto, não é bem consolidada, devido à existência de alguns lagartos de boa bioindicação e outros que não fornecem bioindicação precoce de mudanças no ambiente (BERTOLUCI et al., 2009). A riqueza da fauna de répteis do estado de Minas Gerais destaca-se com cerca de 180 espécies, ou seja, mais de 25% dos répteis presentes no território brasileiro (PRESERVE MURIQUI, 2014).

Na Floresta Atlântica, estudos de assembleias de anurofauna focando a distribuição espacial e temporal, além das estações reprodutivas das espécies e das assembleias de serpentes, são predominantes (BERTOLUCI et al., 2009). A escassez e o viés dos estudos herpetofaunísticos são abordados pela EPE (2007), que afirma que a maioria tem foco nas serpentes, vilipendiando o estudo dos lagartos, quelônios, anfisbenas e jacarés. Vale destacar que dentre os métodos de amostragem vigentes para o estudo da herpetofauna, nenhum mostra-se eficaz no registro de anfisbenídeos, contudo são eficazes no registro de lagartos, quelônios e jacarés

Estudos de lagartos também são escassos, sendo mais comuns no Cerrado (BERTOLUCI et al., 2009). Entre os répteis, os lagartos compõem o grupo de amniotas mais diversos, com cerca de 6.263

espécies descritas no mundo, das quais 272 ocorrem no Brasil, de acordo com Costa e Bérnils (2015) e Uetz e Hosek (2017). Cerca de um quarto das espécies brasileiras ocorre no estado de Minas Gerais (BÉRNILS et al., 2009 apud CRUZ et al., 2014).

No estudo desenvolvido pela EPE (2007), é citado que a bacia do rio Doce possui algumas áreas que foram alvos de estudos de composição de espécies de répteis, sendo elas: a região de Ouro Preto e Mariana, o PERD, a região de Caratinga, a Serra do Cipó e a região de Viçosa, em Minas Gerais, e as regiões de Sooretama e Linhares, no estado do Espírito Santo. Ainda, por apresentar grande diversidade de espécies, elevado número de endemismos e espécies ameaçadas de extinção, algumas áreas da bacia do rio Doce foram apontadas como prioritárias para a conservação de anfíbios e répteis (EPE, 2007), a saber: a porção central e sul da Serra do Espinhaço (incluindo a Serra do Cipó e a região de Ouro Preto e Mariana), o PERD, a região de Conselheiro Pena, a região de Caratinga, a Reserva Particular do Patrimônio Natural da Mata do Sossego (RPPN-MS) e a região do Parque Nacional do Caparaó, no estado de Minas Gerais, além das regiões de Santa Teresa e de Linhares, no estado do Espírito Santo.

Entre os anfíbios, as seguintes espécies de Anura e Gymnophiona são endêmicas da bacia do rio Doce: *Crossodactylus bokermanni, Phyllomedusa megacephala, Scinax carnevallii, Scinax pinima, Hylodes otavioi, Physalaemus deimaticus, Physalaemus erythrus, Physalaemus obstectus, Pseudopaludicola mineira, Proceratophrys cururu* e *Proceratophrys paviotii*. A seguir, estão descritos os estudos obtidos para os trechos do rio Doce e que são aqui abordados de modo a caracterizar a herpetofauna e descrever o conhecimento existente sobre a região. Em apêndice próprio segue a lista de espécies comprobabilidade de ocorrência na área de abrangência do estudo, com informações complementares pertinentes a cada espécie, como nome popular, hábitat, hábitos e categorias de ameaças nos âmbitos estadual, nacional e mundial.

- Alto rio Doce

A região do alto rio Doce é caracterizada pela transição dos biomas Cerrado-Floresta Atlântica em sua maior parte, principalmente em sua parcela inicial, que se aproxima de Belo Horizonte, sendo alvo de alguns levantamentos herpetofaunísticos. Para ela, foram encontrados os levantamentos de anurofauna de Canelas e Bertoluci (2007), São Pedro (2008), Bertoluci et al. (2009), São Pedro e Pires (2009), São Pedro e Feio (2010, 2011), Magalhães (2012) e Pirani, Nascimento e Feio (2013), que têm escopo em importantes regiões, como a estação ambiental de Peti, a Reserva Particular do Patrimônio Natural Santuário do Caraça (RPPN-SC), a Serra do Ouro Branco (SOB) e a FE Uaimií. Em relação aos répteis, foram encontrados os levantamentos de Bertoluci et al. (2009), em Peti, e de Cruz et al. (2014) e São Pedro e Pires (2009), na SOB município de Ouro Branco. Ainda, Leite, Juncá e Eterovick (2008) fornecem alguns dados pessoais e compilam os registros para toda a cadeia do Espinhaço, por município. Destaca-se, portanto, a região da SOB como uma das áreas mais bem caracterizadas quanto à herpetofauna, seguida por Ouro Preto, de acordo com a revisão bibliográfica.

Anurofauna. Tendo como foco a análise dos padrões reprodutivos, Canelas e Bertoluci (2007) fornecem a primeira lista de anurofauna da RPPN-SC, uma unidade de conservação com 11.233 ha pertencente à Serra do Caraça. Encontraram 43 espécies de anuros, com cinco padrões reprodutivos distintos: (i) espécies que se reproduzem o ano todo ou quase sua totalidade, com grandes agregações

nos meses úmidos, como *Crossodactylus trachystomus* e *Hypsiboas polytaeniu,* esta vocalizou esporadicamente até mesmo em temperaturas abaixo de 5 °C; (ii) espécies com atividade reprodutiva oportunística, associada a chuvas nos meses mais quentes do ano; (iii) espécies invernais, que tiveram sua temporada reprodutiva entre os meses de abril e agosto; (iv) reprodutores explosivos (*explosive breeders*), com atividade reprodutiva desencadeada por chuvas fortes durante a estação úmida, como os aglomerados de machos de *Dendropsophus seniculus*, *Leptodactylus jolyi* e *Proceratophrys boiei*, os machos que procuram ativamente por fêmeas, como *Elachistocleis cesarii*e *Scinax* sp., e os de comportamento múltiplo e de deslocamento, como *Rhinella pombali*; (v) espécies de verão, com períodos reprodutivos longos ou curtos, como *Hylodes uai*.

O levantamento dos anuros conduzido por Canelas e Bertoluci (2007) consistiu na amostragem de quatro pontos da RPPN-SC, definidos de acordo com seu habitat: R1 corresponde a um pequeno riacho entre 1.600 e 1.700 m de altitude, com predominância de rochas e poços com matéria orgânica; R2 é um riacho de tamanho moderado localizado na floresta primária (1.250 m de altitude), com a cabeceira composta por uma porção de água represada, duas quedas d'água e uma porção de correnteza rápida; L1 é um lago semipermanente (1.200 m de altitude e 1 m de profundidade) localizado na borda de florestas perturbadas, tendo provavelmente surgido pela interrupção de um pequeno corpo d'água; e L2, por fim, é um pântano permanente (1.200 m de altitude) em uma área aberta.

Os autores encontraram correlação positiva entre o número de espécies com exibição de atividade reprodutiva e a precipitação mensal média (ρs= 0,8561, P = 0,00038), como também com a temperatura mensal média (ρs = 0,5888, P = 0,044), com mais de 80% das espécies sendo exclusivas ou predominantes no período chuvoso e apenas quatro com atividade reprodutiva ao longo do ano, padrão também encontrado para o grupo de espécies que atingiram sua classe máxima de machos com vocalização (temperatura mensal média: ρs = 0,7047, P = 0,01049; precipitação mensal média: ρs = 0,8912, P = 0,0001). Não houve menção do número de espécies ameaçadas ou endêmicas, mas a maioria pertence às famílias Hylidae e Lepodactilydae, padrão que, em conjunto com as correlações com temperatura e precipitação, é comum a outras localidades neotropicais.

As regiões de Ouro Preto e Mariana (limite sul da Serra do Espinhaço), que incluem as unidades de conservação PEI, em Ouro Preto e Mariana, Estação Ecológica do Tripuí (EET), em Ouro Preto, e Área de Proteção Ambiental Cachoeira das Andorinhas (APA-CA), em Ouro Preto, têm sua ocorrência de anfíbios registradas pela EPE (2007), com base nos trabalhos de Pedralli, Guimarães Neto e Teixeira (2001), Caramaschi, Feio e Guimarães Neto (2003), Magalhães et al. (2004) e Assis, Drummond e Pires (2005), registrando a ocorrência de 44 espécies de anfíbios concentradas no PEI e na EET. *Physalaemus erythrus* é endêmica da área, sendo descrita para o PEI (CARAMASCHI; FEIO; GUIMARÃES NETO, 2003); outras espécies endêmicas da Serra do Espinhaço também ocorrem na região de Ouro Preto e Mariana: *Scinax curicica, Bokermanohyla saxicola* e *Physalaemus evangelistai*. Em Ouro Preto, registrou-se Physalaemus maximus, espécie conhecida anteriormente apenas para a Serra do Brigadeiro, em Araponga (MG), e endêmica da bacia do rio Doce (BAÊTA et al., 2005). Uma espécie de Gymnophiona conhecida para poucas localidades da Floresta Atlântica, *Lutkenotyphlus brasiliensis*, foi registrada em Ouro Preto e não é conhecida para outras localidades em Minas Gerais (MAGALHÃES et al., 2004).

Bertoluci et al. (2009) realizaram o levantamento da herpetofauna da estação ambiental de Peti, comparando com o inventário anterior (NASCIMENTO, 1988). Registraram 48 espécies, distribuídas em: Anura (29), Gymnophiona (uma), Chelonia (uma), Crocodylia (uma) e Squamata (16 espécies: uma anfisbena, cinco lagartos e 11 serpentes). A riqueza de anuros pode ser considerada baixa em relação a outras localidades de Minas Gerais, como PERD e RPPN-SC, com 38 e 43 espécies registradas, respectivamente (FEIO et al., 1998; CANELAS; BERTOLUCI, 2007). Houve predominância da família Hylidae e presença de nove espécies não registradas na localidade anteriormente, as quais são associadas principalmente a ambientes florestais, a exemplo de *Ischnocnema* sp. (família Brachycephalidae), que ovipõe na serrapilheira, e outras seis espécies de hilídeos. Apenas *Scinax fuscomarginatus* e *Hylodes* sp., registradas no levantamento anterior, não foram encontradas, sendo a primeira de ampla distribuição e, portanto, de pouca preocupação; a segunda aparentemente sofreu declínio populacional, situação observada em outros fragmentos conservados. Espécies do gênero *Hylodes* ocorrem associadas a riachos pedregosos e com águas limpas no interior de florestas podendo ser abundantes nestas condições (Giaretta & FACURE, 2004; GRARCIA et al., 2010). Ademais, houve a primeira coleta dos girinos de *Scinax luizotavioi*, que foram descritos por Bertoluci et al. (2007).

São Pedro e Feio (2010, 2011) estudaram a sazonalidade e composição dos anfíbios da Serra de Ouro Branco (SOB), enquanto São Pedro e Pires (2009) analisaram a composição das serpentes da mesma localidade. A SOB situa-se no sul da Serra do Espinhaço, sendo uma reserva da bioesfera, assim como a Serra do Caraça (UNESCO, 2005), e também uma área de importância especial para a conservação de anfíbios em Minas Gerais (DRUMMOND et al., 2005). Contempla uma área de transição Floresta Atlântica-Cerrado, sendo que o fluxo de água na face leste corre para o rio Doce. Ainda, compõe a região do alto rio Doce, com vegetação bem preservada de ecótono entre Floresta Atlântica e Cerrado e campos rupestres nas altitudes mais elevadas (SÃO PEDRO; FEIO, 2010).

Em relação à distribuição espacial e sazonal dos anuros da SOB, São Pedro e Feio (2010) monitoraram três ambientes aquáticos durante um ano, entre julho de 2006 e junho de 2007: uma lagoa, um riacho permanente e um temporário, a 1.037, 1.029 e 1.213 m de altitude, respectivamente. Registrando 28 espécies de anuros, a lagoa apresentou maior riqueza (20), seguida do riacho temporário (sete) e do riacho permanente (cinco). Essa baixa riqueza no riacho permanente foi associada com as proporções grandes do corpo d'água pelos autores, os quais também esperavam uma maior riqueza no riacho temporário, por geralmente atrair menos predadores de girinos, o que, entretanto, não foi observado. A maior riqueza do ambiente de lago, por sua vez, foi associada com a frequência e intensidade de distúrbios sofridos, pois apresenta uma mata secundária em regeneração e é sujeito a atividades de origem antrópica, como fogo, presença de gado, corte seletivo e trânsito de automóveis. De acordo com a hipótese de distúrbio intermediário (CONNEL, 1978), ambientes mais perturbados podem favorecer uma maior riqueza. De forma interessante, no ambiente de lago, ocorreram espécies de mata (como *Bokermannohyla circumdata, Physalaemus maximus* e *Proceratophrys boiei*) e de áreas abertas (como *Dendropsophus minutus, Hypsiboas albopunctatus* e *Physalaemus cuvieri*). Foi encontrado apenas um indivíduo jovem de *Hypsiboas faber*.

Cinco padrões reprodutivos foram definidos por São Pedro e Feio (2010), sendo eles: (i) espécies que vocalizam o ano todo, ou quase todo, com agregações maiores nos meses chuvosos; (ii) espécies oportunistas, com atividade de vocalização associada aos meses chuvosos; (iii) espécies que vocalizam predominantemente no inverno; (iv) espécies com padrão reprodutivo explosivo, com picos de vocalização durante as chuvas intensas; (v) espécies que não apresentaram um padrão definido de vocalização. Além desse padrão reprodutivo, os dados de ocorrência são sumarizados em conjunto com informações referentes à presença dos estágios de vida (incluindo imagos e girinos), abundância e microambientes de vocalização (arbusto, água, árvore, areia, bromélia, sobre pedra, serrapilheira, toca ou sobre vegetação aquática), de acordo com os meses do ano de amostragem.

Quanto à sazonalidade e distribuição espacial, São Pedro e Feio (2010) encontraram um menor número de espécies (três) nos meses de março e abril e maior no mês de setembro (20) vocalizando; ainda, 17 espécies, representando 61% da riqueza total, foram encontradas utilizando apenas um único microambiente como sítio de vocalização, enquanto oito (28%) utilizaram dois microambientes e apenas três espécies (11%), três microambientes. O microambiente de arbusto foi mais explorado, sendo utilizado por 11 espécies (39%), seguido pelo microambiente de árvore, utilizado por sete espécies (25%), enquanto bromélia foi o menos explorado, utilizado por uma única espécie (*Scinax x-signatus*), mas sem confirmação de atividade reprodutiva. A maior utilização de sítios de vocalização é uma característica importante da assembleia estudada por São Pedro e Feio (2010) que aponta maior resiliência destas espécies quanto ao dano direto promovido pelo extravasamento da lama e deposição em áreas adjacentes ao leito do rio, principalmente, no primeiro terço de áreas afetadas pelo rompimento da barragem do fundão. Vale destacar que o desastre ocorreu no mês de novembro (estação chuvosa) quando ocorriam fortes chuvas o que, certamente, afeta o período reprodutivo de muitas espécies naquele momento. *Odontophrynus cultripes* demonstrou diferentes padrões sazonais e comportamentais em dois ambientes: padrão reprodutivo explosivo em riacho temporário e um período de vocalização mais prolongado, porém em menor densidade de machos, em lago. Na Serra do Caraça, *O. cultripes* não demonstrou comportamento reprodutivo explosivo, apenas atividade de vocalização associada ao período chuvoso (CANELAS; BERTOLUCI, 2007). Apesar de não determinadas, *Proceratophrys boiei* e *Elachistocleis cesarii* provavelmente possuem padrão reprodutivo explosivo, pois o exibem em outras localidades. Ainda, algumas espécies podem variar o comportamento reprodutivo anualmente, sendo o caso de *Bokermannohyla alvarengai*, que, apesar de demonstrar padrão reprodutivo explosivo nesse estudo, já foi registrada vocalizando em grandes densidades durante toda a estação chuvosa no mesmo ambiente em anos anteriores.

Os fatores abióticos analisados por São Pedro e Feio (2010), por sua vez, exerceram efeito sobre a reprodução dos anuros apenas em relação à pluviosidade mensal, fator diretamente relacionado ao momento do desastre por ocasião da estação chuvosa e das fortes chuvas que insidiam naquele momento. Registrou-se vocalização de machos da maioria das espécies entre os meses de setembro e março, caracterizados pelo período chuvoso, com pico de abundância (mais de 50 indivíduos da mesma espécie vocalizando) entre setembro e dezembro, no início dessa estação. Houve correlação positiva e significativa entre o número de espécies vocalizando e a pluviosidade mensal tanto na análise conjunta dos três ambientes ($P = 0,018$) quanto no ambiente de lago ($P = 0,0134$), sendo que a pluviosidade também se correlacionou significativamente com a riqueza total no ambiente de lago

(P = 0,0306), enquanto a riqueza total registrada não se correlacionou com nenhum dos parâmetros ambientais mensurados (pluviosidade mensal, temperatura média mensal e média de temperatura de cada período de observação). A ausência de correlação entre a presença das espécies ou sua atividade de vocalização e a temperatura, no entanto, não é comum, apesar de ter sido observada na Serra do Caraça por Afonso e Eterovick (2007). Além disso, essa correlação pode ser real apenas para algumas espécies com determinados modos reprodutivos, tendo havido pouca variação de temperatura (de 19 a 25 °C) nos meses de amostragem.

Um artigo científico de composição de anuros (SÃO PEDRO; FEIO, 2011) inclui informações de taxonomia, distribuição geográfica e conservação de algumas espécies obtidas a partir do levantamento realizado pelos autores entre 2006 e 2007. Registram-se, assim, 47 espécies de anfíbios anuros de 18 gêneros diferentes, com informações de habitat, altitude, coordenadas geográficas e locais de coleta associadas ao registro, sendo que apenas *Leptodactylus furnarius*, registrada anteriormente, não foi encontrada. Em relação aos trabalhos anteriores, que registraram 34 espécies na localidade, 13 novas espécies de anuros foram documentadas, posicionando a SOB como um dos sítios mais ricos em termos de anuros na Serra do Espinhaço (SÃO PEDRO; FEIO, 2011).

Segundo São Pedro e Feio (2011), havia ocorrência de 47 espécies de anuros na SOB cuja riqueza corresponde a 23,5% das 200 espécies estimadas para o estado de Minas Gerais (DRUMMOND et al., 2005) e cerca de 44,7% das 105 espécies da Serra do Espinhaço (LEITE; JUNCÁ; ETEROVICK, 2008). Isso é em parte resultante da transição entre dois domínios morfoclimáticos e da presença de fragmentos florestais com vegetação nativa. Dezenove espécies de anuros, representando 40,5% da riqueza da SOB, são típicas da Floresta Atlântica, como as dos gêneros *Aplastodiscus* e *Vitreorana*, como também *Phyllomedusa burmeisteri*, *Rhinella pombali* e *Proceratophrys boie*i. Outras seis (13%), como *Rhinella rubescens* e *Hypsiboas albopunctatus*, são típicas do Cerrado, oito (17%) são restritas à Serra do Espinhaço (*Bokermannohyla alvarengai, Phasmahyla jandaia* e *Scinax curicica*), quatro (8,5%) são espécies de áreas abertas de altitude do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, como *Scinax rogerioi*, e dez (21,0%) são de ampla distribuição, como *Hypsiboas faber*, *Physalaemus cuvieri* e *Elachistocleis cesarii*.

Do inventário realizado por São Pedro e Feio (2011), destacam-se algumas espécies: *Bokermannohyla alvarengai*, endêmica dos campos rupestres, que se pensava ocupar o limite sul da distribuição na Serra do Caraça, teve sua nova distribuição delimitada; *Physalaemus crombiei* também teve sua distribuição geográfica aumentada, mais especificamente em 350 km a oeste, dado que só era encontrada do centro do estado do Espírito Santo ao sul do estado da Bahia, além de ter sua altitude recorde registrada em 950 m. Além de *Crossodactylus bokermanni* e *Bokermannohyla alvarengai*, a SOB foi considerada o limite de distribuição sul de outras quatro espécies: *Bokermannohyla martinsi, Phasmahyla jandaia, Physalaemus evangelistai* e *Scinax curicica*.

Ololygon tripui, descrita com base em espécimes de Ouro Preto por Lourenço, Nascimento e Pires (2009), mostrou diferenças morfológicas significativas, sendo considerada *Ololygon x* aff. *tripui*. Em relação às espécies ameaçadas, duas eram anteriormente assim compreendidas, sendo apenas *Pithecopus ayeaye* considerada criticamente ameaçada no estado de Minas Gerais e mundialmente (COPAM, 2010; IUCN, 2018). Entretanto, a unificação de *P. ayeaye* com sua sinonímia *P. itacolomi*, de maior distribuição, levou à sugestão de sua retirada da lista de espécies ameaçadas, tanto que não consta na lista nacional (BRASIL, 2014). *Physalaemus maximus* foi outra espécie conhecida apenas

para a Serra do Brigadeiro registrada na SOB, apresentando significativa abundância nessa localidade. Soma-se à sua ocorrência, também, uma localidade entre os municípios de Ouro Preto e Ouro Branco (BAÊTA et al., 2005). Dessa maneira, além de compor uma das áreas de maior riqueza de anfíbios anuros no estado de Minas Gerais, a SOB abriga populações de espécies típicas do Cerrado e da Floresta Atlântica e distribuídas entre a Serra da Mantiqueira e do Espinhaço. Somado a algumas atividades de impacto negativo para os anfíbios da região (lixo em trilhas e corpos aquáticos, presença de gado, corte seletivo, desmatamento para o estabelecimento de monoculturas e queimadas), São Pedro e Feio (2011) destacam a região como foco de medidas de conservação.

Estudo importante para a caracterização da anurofauna da região do alto rio Doce foi realizado por Pirani, Nascimento e Feio (2013), no quadrilátero ferrífero, mais especificamente na FE de Uaimií, localizada no município de Ouro Preto, onde se inicia a cadeia do Espinhaço. Os autores fizeram um levantamento durante setembro de 2009 a agosto de 2010, fornecendo registro da riqueza de espécies e da distribuição temporal da assembleia de anuros, além de considerações de distribuição geográfica das espécies e padrões de reprodução baseados, principalmente, na vocalização das espécies. A FE de Uaimií (assim como a SOB) situada no alto rio Doce, é caracterizada pela transição entre Cerrado e Floresta Atlântica, com a ocorrência de campos rupestres nas altitudes mais elevadas, as quais variam de 900 a 1.400 m, sendo a principal fonte de água do rio das Velhas, um afluente do rio São Francisco. O levantamento teve foco em quatro áreas da Flona: dois pequenos cursos d'água (pontos R1 e R2), uma poça permanente (P1) e outra temporária (P2). Os padrões de vocalização foram distribuídos em cinco classes, similares às criadas no estudo de Canelas e Bertoluci (2009), descrito anteriormente, podendo também ser resumidos em vocalizações: (i) contínuas ao longo do ano; (ii) na estação chuvosa; (iii) na estação seca; (iv) oportunísticas (após chuvas); (v) indefinidas. Com os registros das espécies, os autores incluíram o estágio de vida (girinos, jovens, adultos) e o sexo (fêmeas ou machos vocalizando).

Do estudo de Pirani, Nascimento e Feio (2013), 36 espécies de anuros, distribuídas em dez famílias, foram registradas, sendo o ponto P1 o mais rico, com 14 espécies, e os pontos P2 e R1 os menos ricos, com apenas sete espécies cada. Essa riqueza representa 50% dos anuros conhecidos para a região do quadrilátero ferrífero, de acordo com Leite et al. (2008 apud PIRANI; NASCIMENTO; FEIO, 2013), ficando abaixo apenas da SOB, com 47 espécies (SÃO PEDRO; FEIO, 2011) e da RPPN-SC (CANELAS; BERTOLUCI, 2007). Das 36 espécies, 19 foram identificadas e pertencem à família *Hylidae* (51%), em conjunto com duas (*Bokermannohyla* gr. *circumdata* e *Scinax* aff. *perereca*) que não foram identificadas, estando a última em processo de descrição na época. Pirani, Nascimento e Feio (2013) creditam a maior riqueza (14 espécies) observada no ponto P1 à maior diversidade de micro-*habitats*, um componente da heterogeneidade espacial, segundo eles. A riqueza de R2 (oito espécies), por sua vez, foi justificada por um grande fluxo de pessoas; em relação aos outros dois pontos (P2 e R1), a baixa riqueza (sete espécies cada) não foi explanada, ainda que uma alta riqueza nos locais temporários tenha sido atribuída por outros autores, fato não observado para a FE de Uaimií. Padrões de riqueza e abundância podem estar mascarados, não refletindo a realidade de determinado local em função de esforço insuficiente/ou inadequadamente empregado, desconsiderando padrões de sazonalidade, bem como a presença de espécies com ocorrência restrita a períodos chuvosos intensos. Estas características implicam em avaliações que considerem, necessariamente, amostragens que abrangem longos períodos de tempo.

Quanto aos padrões de vocalização, foram identificadas nas categorias: (i) *Aplastodiscus arildae* e *Hypsiboas polytaenius*; (ii) *Ischnocnema izecksohni*, *I. juipoca*, *Vitreorana uranoscopa*, *Aplastodiscus cavicola*, *Phyllomedusa burmeisteri*, *Scinax* sp. (aff. *perereca*), *Physalaemus cuvieri*, *Pseudopaludicola serrana*, *Leptodactylus cunicularius*, *L. furnarius* e *L. fuscus*; (iii) *Ololygon luizotavioi*; (iv) *Proceratophrys boiei*; (v) *Rhinella pombali*, *R. rubescens*, *Haddadus binotatus*, *Bokermannohyla* sp. (gr. *circumdata*), *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas albopunctatus* e *H. faber*. As espécies *Phasmahyla jandaia* e *Elachistocleis cesarii* não foram vistas vocalizando, portanto não foram classificadas. *Phasmahyla jandaia* foi vista uma única vez em fevereiro e um único jovem de *E. cesarii* foi observado em outubro. O registro de *Hylodes babax* foi o primeiro para o quadrilátero ferrífero. A maioria das espécies de anuros da Flona seguiu o padrão sazonal de vocalização nos meses mais quentes e úmidos, o mesmo verificado para diversas outras localidades do Brasil. O padrão de vocalização contínuo de *Aplastodiscus arildae* e *Hypsiboas polytaenius* também foi observado para *Aplastodiscus arildae* no parque das Mangabeiras, localizado em Belo Horizonte (CARVALHO JR; GALDINO; NASCIMENTO, 2006), e na RPPN-SC (CANELAS; BERTOLUCI, 2007) e para *Hypsiboas polytaenius* na RPPN-SC e na SOB (CANELAS; BERTOLUCI, 2007; SÃO PEDRO; FEIO, 2010).

Uma análise de similaridade da composição de anurofauna foi realizada por meio do índice de Jaccard, posicionando-a próxima às outras anurofaunas do mesmo município (PEI e EET) e do município da SOB. O conjunto desse grupo mostrou similaridade com a anurofauna da Serra do Caraça, sendo que todas essas localidades compõem o quadrilátero ferrífero. O agrupamento mostrou-se mais semelhante, por sua vez, com o Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) e com o Parque Nacional do Caparaó (Parna Caparaó), pertencentes à serra da Mantiqueira. O Parque Estadual do Ibitipoca (PE Ibitipoca), também situado na Serra (cadeia) do Espinhaço, e o Parque Nacional da Serra do Cipó, situado na Serra da Mantiqueira, foram os menos similares à anurofauna da FE do Uaimií, do atual estudo (PIRANI; NASCIMENTO; FEIO, 2013). A similaridade entre o grupo do quadrilátero ferrífero e o conjunto do PESB e Parna do Caparaó, pertencentes a diferentes formações montanhosas, foi atribuída pelas espécies ocorrentes, como *Hylodes babax*, *Ololygon luizotavioi, Physalaemus maxinus, Dendropsophus giesleri* e *Ischnocnema izecksohni*. A baixa similaridade da FE Uaimií com o PE Ibitipoca, por sua vez, foi justificada pelas diferentes formações geológicas entre as cadeias, que, por consequência, possuem formações vegetais distintas e geram padrões biogeográficos e peculiaridades ambientais (PIRANI; NASCIMENTO; FEIO, 2013).

Esse padrão de similaridade é previsto por Leite, Juncá e Eterovick (2008), que identificam três regiões de acordo com a ocorrência de anuros endêmicos na cadeia do Espinhaço, sendo uma delas o quadrilátero ferrífero. Também é reforçado pela ocorrência de *Bokermannohyla martinsi*, espécie endêmica dessa unidade da cadeia do Espinhaço. Ainda, é destacado por Pirani, Nascimento e Feio (2013) o efeito da transição Cerrado-Floresta Atlântica encontrada na cadeia do Espinhaço, o qual não separa apenas as bacias hidrográficas, mas também, de acordo com os estudos de Leite, Juncá e Eterovick (2008), delimita a ocorrência de diversas espécies e até mesmo gêneros entre o leste e o oeste da cadeia do Espinhaço, estando entre os últimos *Phasmahyla, Thoropa, Crossodactylus, Hylodes* e *Cycloramphus*, que possuem centro de ocorrência na Floresta Atlântica. O mesmo pode ser observado para espécies típicas do Cerrado que não ultrapassam a encosta oeste da cadeia, como *Ameerega flavopicta* e *Physalaemus centralis*.

Répteis. A EPE (2007) registrou, nos municípios de Mariana e Ouro Preto (sul da Serra do Espinhaço, transição Floresta Atlântica-Cerrado), 50 espécies de serpentes (maioria do bioma Cerrado), representando uma das maiores riquezas conhecidas em todo o Brasil. Os registros de *Echinanthera melanostigma, E. cephalostriata* e *Dipsas albifrons* são os únicos para o estado de Minas Gerais e *Drymoluber dichrous* e *Atractus zebrinus* são conhecidas apenas para mais uma localidade no estado. Essas cinco espécies são típicas da floresta ombrófila densa litorânea e seu registro na região de Ouro Preto e Mariana, em que ocorre floresta estacional semidecidual, indica certa similaridade entre a fauna de répteis dessas duas formações e ressalta a importância das matas interioranas para a manutenção da biodiversidade da Floresta Atlântica. Também foi registrada *Tantilla boipiranga*, que só era conhecida para sua localidade-tipo na Serra do Cipó, consolidando-a como uma espécie endêmica da porção sul da Serra do Espinhaço.

Em conjunto com a anurofauna, Bertoluci et al. (2009) abordaram os répteis de ocorrência em Peti: um quelônio (*Phrynops geoffroanus*), um crocodilo (*Caiman latirostris*) e 16 espécies de Squamata, sendo uma anfisbena (*Amphisbaena alba*), cinco lagartos e dez serpentes, dos quais *C. latirostris, Enyalius cf. bilineatus, Ameiva ameiva* e *Elapomorphus quinquelineatus* haviam sido registrados pelo levantamento anterior. A riqueza de serpentes pode ser considerada baixa, mas, incluídos os registros do inventário anterior, pode ser comparável a outras localidades da Floresta Atlântica. Dos cinco lagartos, *Ophiodes* sp., coletada apenas no inventário anterior, é uma espécie de difícil captura pelo método de procura ativa, o que pode explicar a ausência no levantamento de Bertoluci et al. (2009). Essa espécie foi citada como *O. striatus* no levantamento anterior, mas os autores acreditam que se trate de *Ophiodes* sp., uma espécie não descrita reconhecida por Borges-Martins (1998), que ocorre em vários municípios adjacentes a São Gonçalo do Rio Abaixo e Santa Bárbara, onde se localiza a Peti. Além de *Ophiodes* sp., registraram-se *Tupinambis merianae, Hemidactylus mabouia* (introduzida) e *Ameiva ameiva*, sendo as três primeiras espécies comuns, amplamente distribuídas e tolerantes a alterações ambientais e compondo quase todas as taxocenoses dentro de suas áreas de distribuição.

Ainda, Bertoluci et al. (2009) registraram *Enyalius cf. bilineatus* e *E. quinquelineatus*, comumente associadas a áreas florestadas, podendo ter aumentado de densidade ao longo dos anos pela expansão da floresta, ainda que *E. cf. bilineatus* tenha obtido apenas um registro, provavelmente pela sua baixa abundância natural ou pelo método de procura ativa. Para as serpentes, no entanto, 11 espécies anteriormente registradas não foram vistas, podendo ser em parte pela diminuição das áreas abertas. Quanto ao endemismo, observaram *Bothrops jararaca* e *Elapomorphus quinquelineatus*, endêmicas da Floresta Atlântica. Não houve táxons ameaçados registrados à época, mas a Peti destaca-se pela presença de elementos típicos da herpetofauna do Cerrado e de outras formações abertas, como o anuro *Odontophrynus cultripes*, o lagarto *Tropidurus torquatus* e as serpentes *Oxyrhopus trigeminus*, *Waglerophis merremii, Micrurus frontalis* e *Crotalus durissus*.

São Pedro e Pires (2009) levantaram a fauna de serpentes da região de Ouro Branco, localizada no sul da cadeia do Espinhaço, que integra a área de importância biológica especial para a conservação de répteis e anfíbios (DRUMMOND et al., 2005), durante 40 meses, compreendidos entre março de 2002 e junho de 2005. Incluindo áreas urbanas e rurais, bem como áreas adjacentes entre esse município e Conselheiro Lafaiete e Congonhas do Campo, registraram 28 espécies, distribuídas em quatro

famílias e 21 gêneros, sendo a família Colubridae (atualmente dividida entre Dipsadidae e Colubridae) a mais rica, com 22 espécies (78% da riqueza total), seguida por Viperidae (quatro espécies, 14%). Elapidae e Leptotyphlopidae tiveram apenas um registro cada (3,5% para cada).

A composição de serpentes da região de Ouro Branco indica a ocorrência de espécies típicas de Floresta Atlântica (*Taeniophallus affinis, Tropidodryas striaticeps* e *Xenodon neuwiedii*) e de Cerrado (*Bothrops neuwiedi*, *Crotalus durissus*, *Erythrolamprus almadensis* e *Sibynomorphus mikanii*).

A riqueza encontrada é esperada para esse tipo de área de transição e corresponde a 28% da riqueza de serpentes do estado de Minas Gerais, de acordo com a lista de Bertoluci (1998). *Sibynomorphus ventrimaculatus* teve seu primeiro registro em Minas Gerais com esse estudo e *Trilepida dimidiatus* havia sido observada recentemente na região de Ouro Preto, a 3.000 km de distância ao sul de sua área de ocorrência, sendo registrada novamente na região. *Mastigodryas bifossatus* foi relatada como espécie rara, tendo seu último registro sido feito 15 anos antes do estudo. *Philodryas agassizii*, por sua vez, só possui um registro de 1949. A ausência de registros mais recentes dessa espécie na região de Ouro Branco e na vizinha região de Ouro Preto, junto ao fato de não ter sido encontrada nesse levantamento, levou São Pedro e Pires (2009) a sugerir que *Philodryas agassizii é naturalmente rara ou pode estar extinta na área em estudo.*

Em relação à abundância, registrou-se maior índice no período chuvoso. Comparando a riqueza de serpentes da região de Ouro Branco com as da Serra do Cipó e Ouro Preto, o índice de similaridade de Sorensen mostrou maior semelhança com Ouro Preto (0,67) do que com a Serra do Cipó (0,61), apesar de registrarem-se 28 espécies em Ouro Branco e 51 espécies em Ouro Preto (SILVEIRA et al., 2004). Essa diferença foi atribuída ao esforço amostral do levantamento de serpentes entre as duas regiões e ao fato de a região de Ouro Preto possuir três unidades de conservação, de acordo com São Pedro e Pires (2009).

A região da SOB também passou por um levantamento de espécies de lagartos, em conjunto com a vila de Itatiaia, por Cruz et al. (2014), num esforço amostral de 36 meses, distribuídos de 2006 a 2007 e 2010. A riqueza de lagartos da região foi caracterizada por 15 espécies, divididas em 13 gêneros e oito famílias, sendo Gymnophthalmidae e Leiosauridae, com três espécies cada, as famílias mais ricas, seguidas por Mabuyidae, Teiidae e Tropiduridae, com duas espécies cada, e Anguidae, Gekkonidae e Polychrotidae, representadas por uma única espécie cada. Os registros das espécies incluem dados sobre a atividade (diurna ou noturna), hábito (semifossorial, terrestre, semiarbóreo, arbóreo ou escalador), habitat (floresta, clareiras, campos rupestres ou áreas urbanas), ocorrência (Floresta Atlântica, Cerrado ou distribuição ampla), além do método de registro (pitfall, busca ativa ou encontro incidental). Essa riqueza registrada não se mostrou exaustiva, pois a curva de rarefação não atingiu a assíntota, indicando que possivelmente alguns táxons não foram registrados.

De acordo com Cruz et al. (2014), a riqueza da SOB corresponde a 26,31% do total de lagartos conhecidos para o estado de Minas Gerais (BÉRNILS; NOGUEIRA; SILVA, 2009) e 6% do total de espécies do Brasil (BÉRNILS; COSTA, 2012), uma riqueza inferior a algumas localidades situadas no Cerrado e maior que algumas situadas na Floresta Atlântica. Pelo índice de dissimilaridade de Jaccard, a composição da assembleia de lagartos entre a SOB foi comparada com outras regiões do estado de Minas Gerais, sendo similar à Serra do Brigadeiro e Juiz de Fora, seguidas pela Peti e Viçosa (CRUZ et al., 2014).

Ainda sobre esse estudo, com exceção de *Hemidactylus mabouia*, uma espécie de lagarto exótica (RÖDDER; SOLÉ; BÖHME, 2008), todas as espécies nativas coletadas são diurnas. *H. mabouia* pode ser abundante em ambientes naturais, mas é bastante associada a áreas urbanas. Na SOB, foi encontrada nas áreas periantrópicas. Cruz et al. (2014) sugerem que o hábito noturno e sua ocupação periantrópica contribuem para a baixa competição para a fauna nativa. Ainda, 60% da fauna de lagartos (nove espécies) da SOB é de ampla distribuição, cobrindo a Floresta Atlântica e o Cerrado, e sete espécies distribuem-se além desses dois, mas *Ophiodes striatus* e *Enyalius bilineatus* são complexos específicos, isto é, um conjunto de espécies estritamente relacionadas; portanto, essas populações podem representar espécies de distribuição mais restrita. Cruz et al. (2014) registraram, assim, cinco espécies endêmicas da Floresta Atlântica, o que reforça a similaridade da fauna de lagartos da SOB com as outras áreas do bioma no estado de Minas Gerais e destaca a pouca influência do Cerrado. Quanto ao habitat, 47% das espécies de lagartos são consideradas restritas a ambientes florestais, apesar de *Hemidactylus mabouia, Tropidurus torquatus, Salvator merianae* e *Ameiva ameiva* aparentemente se beneficiarem de áreas antropizadas, como as clareiras florestais. Nenhuma espécie foi incluída nas listas de ameaça de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010), do Brasil ou mundial à época.

- Médio rio Doce

Anuros. A EPE (2007) relatou 38 espécies de anfíbios no PERD, sendo a maioria de ampla distribuição e algumas típicas das baixadas costeiras do Sudeste brasileiro. Registros únicos para Minas Gerais, como *Sphaenorhynchus prasinus, Scinax argireornatus, Aparasphenodon brunoi, Itapotihyla langsdorffii, Hypsiboas albomarginatus, Dendropsophus anceps, Phyllomedusa rohdei, Physalaemus obtectus, Chiasmocleis schubarti* e *Stereocyclops incrassus*, também foram citados. Já *Ololygon carnevallii* é endêmica das regiões do vale do rio Doce e da zona da mata em Minas Gerais e *Physalaemus obtectus* é conhecida apenas no PERD e Linhares, no Espírito Santo (FEIO et al., 1998; FEIO; SANTOS; CARAMASCHI, 1999).

Souza, Condé e Orsini (2009) fizeram um levantamento da herpetofauna presente em dois fragmentos e em uma plantação de eucalipto da zona de amortecimento do PERD, nas cidades de Revés de Belém e Pingo-d'Água. Identificaram 41 espécies na área de estudo, 25 de anfíbios e 16 de répteis, contemplando cinco famílias de anfíbios e dez de répteis. Quanto à anurofauna, destacou-se *Scinax cf. caldarum*, vulnerável no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010). Ainda, citaram espécies endêmicas e altamente dependentes de ambientes específicos da Floresta Atlântica, como *Aparasphenodon brunoi, Dendropsophus anceps, Hypsiboas albomarginatus, Phyllomedusa rohdei* e *Scinax cf. caldarum*, sendo *A. brunoi* conhecida apenas das regiões de baixada do Rio de Janeiro e Espírito Santo, com ocorrência apenas na região do PERD no estado de Minas Gerais. O PERD é destacado por ser um dos parques mais ricos em anfíbios do estado, apresentando um complexo hídrico com mais de 50 lagoas (FEIO et al., 1998), com alto grau de anuros endêmicos. Nos eucaliptais, seis espécies de anuros foram encontradas vocalizando (*Pithecopus rohdei, Dendropsophus anceps, Hypsiboas faber, Leptodactylus ocellatus, Leptodactylus mystacinus* e *Leptodactylus fuscus*).

Um estudo iniciado por Rievers (2010) e publicado por Rievers, Pires e Eterovick (2014) abordou a relação entre três dimensões do nicho de anuros (espaço, tempo e alimento) e a riqueza de espécies, abundância e biomassa das comunidades de anuros, diferenciando-os em um grupo com

desenvolvimento terrestre (TD) e com larva aquática (AL). Para isso, utilizaram o PERD, que compõe o maior complexo de lagos da América Latina, com 56 lagos independentes, amostrando a comunidade de anuros em três áreas florestais: Preta, Central e Aníbal. A altitude do parque varia entre 200 e 500 m acima do nível do mar, com estação seca entre abril e setembro e estação chuvosa entre outubro e março (IEF, 2008). A localidade denominada Preta situa-se mais próxima ao rio Doce, com floresta primária de cerca de 30 m e alta abundância de epífitas, muito úmida e com baixa declividade. Central, de estágio sucessório mais inicial, possui árvores de até 30 m, com estrato vegetacional mais denso que em Preta. Aníbal, por sua vez, caracteriza-se por floresta secundária em terreno íngreme, com árvores de 15 a 20 m e sub-bosque denso, com a presença de clareiras e taquarais. As armadilhas de captura foram posicionadas entre 140 e 370 m do corpo de água mais próximo, em vias de evitar a coleta de espécies deslocando-se para o local de reprodução.

Rievers, Pires e Eterovick (2014) coletaram 326 anuros, registrando 15 espécies, distribuídas em sete famílias, uma riqueza esperada comparada a outras localidades da Floresta Atlântica, a qual varia entre oito e 16. Descartando quatro indivíduos arborícolas (Hylidae), os 322 indivíduos distribuíram-se em Preta (155 indivíduos), Central (189) e Aníbal (18). A riqueza foi maior em Central (dez espécies), seguida por Preta (oito) e Aníbal (sete), sendo a riqueza estimada em 8.91±0.91 em Preta, 13,58±2,12 em Central e 7,91±0,91 em Aníbal. Em Central, a curva de rarefação não atingiu a assíntota, indicando a presença de uma maior riqueza que a encontrada. A maioria dos anuros foi coletada durante a estação chuvosa (58%); na estação seca, 43% das coletas ocorreram em setembro, antes do início da estação chuvosa (outubro).

Os autores analisaram a riqueza, abundância e biomassa de anuros ao longo de um ano (dados disponibilizados por mês), em conjunto com variáveis preditoras, entre elas, abundância e riqueza de táxons de invertebrados no folhiço, biomassa seca do folhiço e condições microclimáticas (pluviosidade, temperatura média do ar e do solo, umidade e quantidade de água no solo) (RIEVERS; PIRES; ETEROVICK, 2014).

Os padrões de correlação e a literatura de estudos similares, segundo Rievers, Pires e Eterovick (2014), indicam que todas as variáveis influenciam de alguma forma as assembleias de anuros de foliço e as respostas destes variam muito de acordo com a espécie e suas necessidades biológicas, o que em parte explica a resposta variada dos anuros de foliço entre localidades. Além disso, os métodos de captura devem ser levados em conta, principalmente pela diferença observada entre espécies TD e AL.

Por fim, o plano de manejo da RPPN-FMA (PRESERVE MURIQUI, 2014) e da RPPN-MS (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014) fornece informações complementares por se tratar de unidades de conservação adjacentes. Baseado no levantamento de Cassimiro e Bertoluci (2002a, 2002b), o plano de manejo da RPPN-FMA (PRESERVE MURIQUI, 2014) registrou 38 espécies de anfíbios, distribuídas em nove famílias, sendo 11 espécies endêmicas da Floresta Atlântica, entre elas, duas pererecas do gênero *Phyllomedusa* (*P. burmeisteri* e *P. rohdei*), ambas endêmicas, a rã-pimenta (*Leptodactylus latrans*) e o sapo-de-chifre (*Proceratophrys boiei*). O plano de manejo da RPPN-MS registrou 24 espécies de anuros, com destaque para *Megaelosia apuana*, espécie que ocorre próxima a corpos hídricos lênticos, frios e limpos da Floresta Atlântica e não tolera alterações em seu ambiente, até então conhecida apenas para o estado do Espírito Santo, constando na respectiva lista de espécies ameaçadas na categoria vulnerável

(PASSAMANI; MENDES, 2007). Com exceção desta, as espécies registradas na mata do Sossego apresentam, no geral, ampla distribuição geográfica, ocorrendo em outras áreas de Floresta Atlântica no estado mineiro.

Para tornar mais robusta a avaliação da composição de espécies antes da ocorrência do desastre, buscou-se por dados adicionais em relatórios técnicos que contemplaram as margens do rio Doce, bem como de alguns de seus afluentes, que poderiam servir como objeto de extrapolação para determinar quais espécies, daquelas com ocorrência prevista na região, ocorreriam às margens do rio. Como complemento aos dados já avaliados, teve-se acesso aos resultados do monitoramento de fauna da obra de duplicação da BR 262. Ali, foram investigados sete pontos de amostragem, três dos quais às margens de rios, um deles no próprio rio Doce e os demais nas margens dos rios Mata e Piracicaba. Os demais pontos de amostragem desse estudo localizam-se ainda na região, nos municípios de Bela Vista de Minas, Matipó, Reduto e Santo Antônio Grama. Tal estudo contemplou a realização de quatro campanhas nas estações seca e chuvosa. As duas primeiras campanhas aconteceram no ano de 2015, anteriormente ao desastre, e as duas campanhas subsequentes ocorreram no ano de 2016.

Os dados às margens do rio Doce e dos rios Casca e Piracicaba são extremamente importantes no presente contexto, pois indicam mais claramente quais táxons podem ter sido sujeitas aos danos do desastre. Os resultados permitem aferir de forma mais concreta a riqueza de espécies que poderiam ocorrer nas áreas soterradas, além de apontar táxons que possivelmente não ocorriam ou tenham ocorrência eventual na área de passagem e deposição da lama. Além disso, também são dados que podem auxiliar na escolha de espécies para análises ecotoxicológicas, bem como na interpretação dos resultados a serem obtidos no decorrer do diagnóstico.

Nesse estudo há destaque para a quase total ausência de mata ciliar em todos os corpos d'água investigados, além do estado de degradação da maioria dos rios e ribeirões, seja pelo assoreamento, deposição de lixo, mas principalmente pela descarga de efluentes não tratados, tanto em zona urbana quanto na zona rural. Especificamente no rio Doce, os autores destacaram o assoreamento por retirada de grandes volumes de areia em diversos pontos de seu leito. Foram registradas 53 espécies de anuros, 27 das quais nos pontos amostrais às margens dos rios Doce, Casca e Piracicaba, e 19 especificamente no entorno do rio Doce, quais sejam (em negrito destacam-se as espécies registradas no fragmento às margens do rio Doce): *Rhinella crucifer, R. ornata, R. schneideri,* ***Dendropsophus anceps, D. branneri****, D. decipiens,* ***D. elegans, D. minutus, D. nanus, Hypsiboas albopunctatus, H. crepitans, H. faber****, H. pardalis, H. semilineatus,* ***Scinax crospedospilus****, S. fuscomarginatus, Ololygon gr. catharinae, Scinax sp. (aff. eurydice), Adenomera marmorata,* ***Leptodactylus fuscus****, L. labyrinthicus,* ***L. latrans, L. mystacinus, Physalaemus cuvieri, P. obtectus, Chiasmocleis sp****.* e *Proceratophrys boiei.*

Notam-se algumas características interessantes desse conjunto de espécies. A família Hylidae demonstrou-se a mais rica, representada por 15 espécies. Contudo, a maioria dessas espécies foi registrada em baixa densidade, potencialmente relacionado à dificuldade de detecção de alguns táxons e/ou a padrões de abundância naturalmente baixos nas várzeas destes rios. Em contrapartida, outras espécies desta família foram abundantes, notadamente *Hypsiboas faber*, *H. albopunctatus*, *Dendropsophus decipiens* e *D. elegans*, por sua vez mais abundantes às margens do rio Casca do que as demais. *Hypsiboas faber* habita bordas de florestas e, na estação reprodutiva, seus machos constroem

"piscinas" na beira de corpos d'água lênticos, onde vocalizam para atrair fêmeas. Esse comportamento é realizado em várzeas na beira de pequenos córregos ou às margens de grandes rios. Outras espécies também constroem "ninhos" às margens de corpos de água como, por exemplo, alguns *Aplastodiscus*. As demais espécies, *Hypsiboas albopunctatus*, *Dendropsophus decipiens* e *D. elegans* são, assim como *Hypsiboas faber*, aunors comuns e tolerantes a hábitats alterados, sendo facilmente observados na vegetação arbórea e arbustiva sobre corpos de água, inclusive em áreas periurbanas. Sua maior abundância nas margens do rio Casca pode estar relacionada ao alto grau de antropização daquele ambiente (PROSUL, 2016), visto que reconhecidamente possuem ampla capacidade de se adaptarem a ambientes antropizados.

As demais famílias registradas nesse recorte foram Bufonidae, Leptodactylidae, Microhylidae e Odontophrynidae, todas com hábitos terrestres e/ou fossorial. Presume-se que táxons com tais características que ocorriam na área de passagem e deposição da lama possam ter sofrido mais intensamente pelo soterramento em comparação a espécies arbóreas, em função de sua baixa capacidade de locomoção e do ambiente onde predominantemente habitam. Espécies arbóreas podem ter tido indivíduos poupados durante o desastre, que se mantiveram no alto das árvores quando da passagem da lama, principalmente onde a intensidade dos danos foi menor, contida nas margens do rio Doce. Indivíduos de espécies terrestres e fossórias, por outro lado, devem ter perecido diretamente pelos danos.

A ausência de algumas famílias nos pontos indica características interessantes da composição de espécies destes ambientes. Não foram registrados representantes das famílias Brachycephalidae, Cycloramphidae**,** Craugastoridae e Hylodidae, que contemplam rãs típicas de ambientes florestais. Os gêneros *Ischnocnema* e *Haddadus* são associados à serapilheira florestal (HEDGES et al. 2008), geralmente ausente em hábitats instáveis das margens de rios sujeitos a regimes de inundação periódica. As espécies *Thropa miliaris* e *Hylodes meridionalis* habitam riachos pedregosos e com águas limpas no interior de florestas, podendo ser localmente abundantes (GIARETTA & FACURE, 2004; GRARCIA et al., 2010); mas de ocorrência improvável em várzeas do rio Doce e afluentes. A falta de registros de outros táxons pode estar relacionada ao esforço de captura empregado no estudo (PROSUL, 2016), não necessariamente indicativos de verdadeiras ausências nesses ambientes, e assim é inseguro afirmar que tais espécies não teriam sido afetadas pelo desastre. De qualquer forma, a ocorrência destas espécies em sítios amostrais mais distantes das margens dos rios, mas inseridos na região do desastre, indica a possibilidade que utilizassem, em maior ou menor grau, ambientes sujeitos à passagem e deposição da lama.

Nesse estudo (PROSUL, 2016), os pontos referentes ao rio Piracicaba e rio Doce apresentaram menor abundância, em parte devido às pressões antrópicas sobre os fragmentos. Estas ações foram identificadas como cultivos de eucaliptos e cana de açúcar, e criação de gado bovino. Em contrapartida, o ponto no rio Casca apresentou a maior diversidade faunística, possivelmente relacionado à maior qualidade do ambiente florestal quando comparado aos demais pontos amostrais (PROSUL, 2016). Esse padrão reforça a concepção que fragmentos mais preservados ao longo do rio Doce mantém maior diversidade de espécies, a exemplo dos remanescentes observados no PERD. Em áreas desprotegidas, a desordenada ocupação humana ocorreu historicamente nas áreas mais baixas, próximas ao leito do rio Doce e afluentes, mantendo mais íntegros os remanescentes de vegetação em topos de

morros e áreas de relevo mais íngreme. Características interessantes dos ambientes amostrados em (PROSUL, 2016) relacionam-se ao alto grau de antropização destes locais nos dias atuais. Contudo, o estudo registrou elevada riqueza de espécies, considerando o tempo de amostragem despendido, embora muitas espécies sejam comuns e tolerantes a modificações ambientais. Vale destacar que estes dados não são definitivos, mas auxiliam de forma substancial na caracterização da herpetofauna das áreas sujeitas à passagem e deposição da lama de rejeitos de Fundão, servindo como parâmetro de comparação com resultados obtidos ao longo do diagnóstico.

Répteis. Foram registradas na RPPN-FMA, por Cassimiro e Bertoluci (2002 apud EPE, 2007), 44 espécies de répteis, sendo duas anfisbenas, 12 lagartos, 28 serpentes, um quelônio e um jacaré, incluindo algumas espécies raras em Minas Gerais, como o lagarto *Ecpleopus gaudishaudii*, a anfisbena *Leposternon infraorbitale* e as serpentes *Drymoluber dichrous* e *Lachesis muta*. Esta, conhecida como surucucu, era considerada a subespécie *Lachesis muta rhombeata*, de ocorrência na Floresta Atlântica, ao contrário de seu grupo irmão amazônico *L. muta muta*. Entretanto, a revisão taxonômica de Fernandes, Franco e Fernandes (2004) mostrou a inexistência de características que suportem a validade das subespécies, resultando na sua retirada das listas de ameaça, mas continuou sendo considerada ameaçada pela destruição de seu hábitat (RODRIGUES et al., 2013), apesar de deficiente em dados na lista de fauna ameaçada do Brasil (MARTINS; MOLINA, 2008). Destaca-se, ainda, que a espécie depende amplamente de ambientes florestados, sendo considerada ameaçada em diversos estados, inclusive no Espírito Santo (PASSAMANI; MENDES, 2007), mesmo ausente na lista de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010).

Entre os répteis, Souza, Condé e Orsini (2009) registraram sete espécies de serpentes, distribuídas entre as famílias *Colubridae* (Colubridae + Dipsadidae), *Elapidae* e *Viperidae*, e três de lagartos (*Enyalius bilineatus*, *Cercossaura ocellata* e *Salvator merianae*) em dois fragmentos de mata e uma plantação de eucalipto nas adjacências do PERD. Sem ocorrer em áreas abertas como pastagens ou fragmentos florestais degradados, *E. bilineatus* e *C. ocellata* são espécies típicas de florestas e dependentes da serrapilheira, respectivamente. Nos ambientes de mata secundária, eucaliptos e associados à estrada, uma alta abundância de teiú (*S. merianae*) foi registrada. Os eucaliptais foram considerados uma zona de tampão ou matriz para o deslocamento das serpentes.

De maneira similar à anurofauna, os planos de manejo da RPPN-FMA (PRESERVE MURIQUI, 2014) e da RPPN-MS (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014) fornecem informações complementares, por se tratar de unidades de conservação adjacentes. Baseado no levantamento de Cassimiro e Bertoluci (2001a, 2001b), o plano da RPPN-FMA (PRESERVE MURIQUI, 2014) registrou 37 espécies de répteis, distribuídas em 13 famílias da ordem Squamata e uma família da ordem Chelonia, com um único representante (*Phrynops geoffroanus*), sendo oito espécies endêmicas da Floresta Atlântica, entre eles, o teiú (*Salvator merianae*), o lagarto-preguiça (*Polychrus marmoratus*) e a lagartixa-da-mata (*Gymnodactylus darwinii*). No que diz respeito às serpentes, há uma riqueza de 23 espécies (60% das espécies de répteis registrados na área), incluindo a jararaca (*Bothrops jararaca*), a surucucu (*Lachesis muta*), a coral-verdadeira (*Micrurus corallinus*) e a cobra-listrada (*Elapomorphus quinquelineatus*), endêmicas da Floresta Atlântica, e a cobra-cipó (*Drymoluber dichrous*), a papaovo (*Chironius fuscus*) e duas espécies de falsa-coral (*Oxyrhopus petola* e *Erythrolamprus aesculapii*). Apesar de não ser

atualmente considerada ameaçada, *Corallus hortulanus* (Boidae) foi enquadrada como vulnerável até 1998 e *Lachesis muta* (Viperidae) é atualmente deficiente em dados (MARTINS; MOLINA, 2008). Ainda, *L. muta* é a maior cobra peçonhenta da América do Sul, podendo ultrapassar 3,5 m de comprimento. A situação dessa espécie não é conhecida para uma avaliação de seu status, podendo, na verdade, estar em uma situação mais crítica. Já o plano de manejo da RPPN-MS (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014) registrou cinco lagartos e três serpentes – *Enyalius perditus, Ophiodes striatus* e *Bothrops jararaca*.

Ao longo das quatro campanhas do estudo referente à duplicação da BR 262 (PROSUL, 2016) foram registradas 27 espécies de répteis, 10 das quais registradas nos pontos amostrais às margens dos rios Doce, Casca e Piracicaba, e quatro espécies de répteis especificamente às margens do rio Doce, quais sejam (em negrito destacadas as espécies registradas no rio Doce):

Xenodon merremii, ***Hemidactylus mabouia***, *Phyllopezus pollicaris*, *Ecpleopus gaudichaudii*, *Enyalius bilineatus*, *Psychosaura macrorhyncha*, ***Gymnodactylus darwinii***, ***Salvator merianae***, ***Bothrops jararaca*** e *Crotalus durissus.*

Quanto à fauna de répteis, os registros são condizentes com o tempo e esforço amostral empreendido, com resultados que não expressam padrões claros de ocupação das espécies, mas uma distribuição aleatória de registros dentro do rol de espécies esperadas. Nas margens de rios sujeitos a períodos de inundação, a ocorrência de répteis que não aqueles habitualmente observados nesses ambientes (ex, quelônios, crocodilianos e escamados aquáticos), pode estar associado a padrões sazonais, condicionado ao período de seca.

- Baixo rio Doce

Quanto à região do baixo rio Doce, a caracterização do trecho baseou-se em estudo de Ramos e Gasparini (2004) para a anurofauna, no trabalho da NutriPetro (2013b), além das informações contidas no plano de manejo da Flona de Goytacazes (ICMBIO, 2013b) para a herpetofauna no geral. O plano de manejo da Rebio Augusto Ruschi (IBAMA, 1995) não faz nenhuma referência direta à ocorrência de qualquer espécie que compõe a herpetofauna. O da Rebio Comboios, por sua vez, só faz menção às tartarugas marinhas, como a tartaruga-decouro (*Dermochelys coriaceae*), com o único sítio reprodutivo do Brasil inserido dentro da unidade de conservação, grupo taxonômico abordado em tópico específico. Ainda, vale esclarecer que poucos estudos registram, no Espírito Santo, a composição de fauna de répteis (EPE, 2007).

Anuros. Ramos e Gasparini (2004) encontraram 41 espécies de anuros, pertencentes a quatro famílias, na região da Área de Proteção Ambiental de Goiapaba-Açu (APA-GA), que abrange grande parte do município de Fundão e uma pequena parte do município de Santa Teresa, situando-se próxima da Rebio Augusto Ruschi. O município de Santa Teresa apresentou a ocorrência de outras espécies, significando que a riqueza registrada na APA-GA pode ser maior. A variação altitudinal e a heterogeneidade ambiental foram atribuídas à elevada riqueza do local.

A região do município de Santa Teresa, no Espírito Santo, abriga fragmentos florestais de floresta ombrófila densa de altitude, incluindo as unidades de conservação da estação biológica de Santa Lúcia e estação biológica de São Lourenço. Nessa localidade, a EPE (2007) compilou o registro de 85 espécies de anfíbios, representando a anurofauna mais rica conhecida para o bioma da Floresta Atlântica e a

terceira maior riqueza local em toda a região neotropical, atrás de duas localidades no Acre. Essa diversidade, à época, incluía duas espécies ameaçadas de extinção e dez em declínio populacional ou extintas localmente. Santa Teresa é também a localidade-tipo de 15 espécies endêmicas da Floresta Atlântica do leste do Brasil, sendo uma espécie endêmica da estação biológica de Santa Lúcia, *Proceratophrys paviotii* (CRUZ; PRADO; IZECKSOHN, 2005). Ainda, *Physalaemus crombiei* e *Proceratophrys laticeps* distribuem-se apenas no estado do Espírito Santo e sul da Bahia. Assim, destaca-se a região de Santa Teresa como de excepcional riqueza de anurofauna. A região de Linhares, por sua vez, também teve sua anurofauna estudada em uma área de cultivo de cacau situada em floresta de aluvião. Nessa localidade, foram registradas 41 espécies de anfíbios, o que representa uma elevada riqueza para uma área com histórico de exploração de recursos naturais, destacando-se espécies raras como *Macrogenioglottus alipioi* e *Dasypops schirchi*. Por fim, a Reserva Natural da Vale do Rio Doce (RNVRD), localizada, em sua maior parte, no município de Linhares, além de pequena área em Soorotema e Jaguaré, no estado do Espírito Santo, foi passiva do registro de 41 espécies de anfíbios (EPE, 2007).

A Flona de Goytacazes, situada em Linhares, é uma unidade de conservação no domínio da Floresta Atlântica, mais especificamente, na formação de floresta atlântica de aluvião. Seu plano de manejo (ICMBIO, 2013b) registra 44 espécies para a área, com apenas uma (*Sphaenorhynchus prasinus*) não confirmada por registros visuais. A família mais numerosa foi Hylidae, com 25 espécies, seguida por Leptodactylidae, com seis espécies. Essa riqueza é significativa, pelo fato de a área da Flona ser relativamente pequena (1.350 ha). Além de destacar a presença de nove modos reprodutivos na composição de espécies da Flona, o documento cita o município de Santa Teresa como o mais rico de todo o bioma da Floresta Atlântica, com 92 espécies conhecidas, de acordo com Gasparini et al. (2005 apud ICMBIO, 2013b).

A NutriPetro (2013b) realizou o levantamento de anfíbios no município de Aracruz, por meio de dados primários e secundários de registros de ocorrência, encontrando 53 espécies de anuros, distribuídas em dez famílias, sendo 39 endêmicas da Floresta Atlântica. Destas, *Arcovomer aff. passarellii* pode ser uma nova espécie ou apenas uma variação populacional de *Arcovomer passarellii*. O levantamento primário (durante julho de 2010, período de seca) resultou na identificação de 13 espécies, com 113 indivíduos, sendo *Scinax alter* a mais representativa, com 34 indivíduos registrados. Contando as 53 espécies de anuros, a região apresenta cerca de 5,6% do total de anfíbios do Brasil, considerando as 946 espécies conhecidas à época, e 39,8% das espécies do estado do Espírito Santo.

Répteis. A EPE (2007) cita alguns estudos e referências para a caracterização da herpetofauna da bacia do rio Doce, relatando a fauna de répteis de três localidades: a RNVRD, as restingas de Linhares e as praias da foz do rio Doce, na Rebio Comboios e na Rebio Sooretama. Um inventário realizado nessa última, localizada marginalmente à bacia hidrográfica do rio Doce, por exemplo, registrou 35 espécies, incluindo *Caiman latirostris*, dois quelônios (*Acantochelys radiolata* e *Geochelone sp.*), três anfisbenas, três lagartos e 26 espécies de serpentes. Apesar de não amostrada por completo, essa é uma diversidade de répteis que se espera ocorrer nos remanescentes de Floresta Atlântica da bacia do rio Doce situados próximos à Rebio. Na RNVRD, por sua vez, que apresenta sua maior extensão no município de Linhares e pequena abrangência nos municípios de Soorotema e Jaguaré, foram registradas 43 espécies de répteis, sendo três endêmicas registradas em Linhares: *Cnemidophorus nativo, Bothrops leucurus* e *Amphisbaena nigricauda*; *C. nativo* foi classificada como vulnerável no estado do Espírito Santo, com

destaque importante para a conservação das restingas, junto das tartarugas marinhas que desovam nesse tipo de ambiente (PASSAMANI; MENDES, 2007). Por fim, a EPE (2007) relata apenas uma espécie de jacaré (*Caiman latirostris*), além da serpente *Tantilla boipiranga* e do lagarto *Placosoma cipoensis*, reiterando a bacia do rio Doce como uma das áreas prioritárias para o estudo de composição de répteis no bioma da Floresta Atlântica.

NutriPetro (2013b) realizou o levantamento de répteis em Aracruz (ES), por meio de dados primários e secundários de registros de ocorrência. Foram observadas 57 espécies de répteis das ordens Crocodylia, Testudines e Squamata, representando aproximadamente 7,9% do total dos répteis do Brasil conhecidos à época. A ordem Crocodylia estava representada pela espécie *Caiman latirostris*, enquanto Testudines, por duas espécies, sendo o jabuti *Chelonoidis carbonaria* e outra do cágado-amarelo, *Acanthochelys radiolata*. A ordem Squamata apresentou 54 espécies, entre elas, 18 lagartos, 32 serpentes e quatro anfisbenas, sendo 16 endêmicas da Floresta Atlântica. *Lachesis muta, Bothropsis bilineata* e *Cnemidophorus nativo* foram classificadas como vulneráveis no Espírito Santo (PASSAMANI; MENDES, 2007) e o cágado-amarelo (*Acanthochelys radiolata*), categorizado como quase ameaçada (IUCN, 2018). Ainda, de acordo com a NutriPetro (2013b), algumas espécies foram adicionadas ao levantamento pelas espécies de provável ocorrência a partir da literatura secundária. Acerca da sazonalidade, a maioria das espécies registradas foi encontrada no período chuvoso, mas fatores como os registros por atropelamento, que são vários, podem ter influenciado tal encontro. Cita-se, ainda, um levantamento de 39 espécies de répteis na restinga de Setiba, município de Guarapari. Dado que não foram encontradas espécies raras, o relatório indica *Tropidurus torquatus*, uma espécie bastante abundante, como um bom bioindicador em estudos quantitativos de impacto ambiental. No entanto vale destacar que *T. torquatus* é espécie plástica, adaptando-se bem em áreas antropizadas, inclusive em grandes centros urbanos.

A fauna de répteis da Flona de Goytacazes também é considerada, a exemplo de sua anurofauna, bastante significativa em contraste com sua pequena área (1.350 ha), segundo seu plano de manejo (ICMBIO, 2013b). O documento registra 43 espécies de répteis, sendo um quelônio, um crocodilo, oito lagartos, uma anfisbena e 32 serpentes, pertencentes a 13 famílias distintas, nenhuma das quais é citada nas listas de fauna ameaçada da época. Entre os lagartos, estão *Dactiloa punctata*, *Leposoma scincoides*, *Hemidactylus mabouia* e *Salvator merianae*; entre as serpentes, *Corallus hortulanus*, *Erytrolamprus meridionalis*, *Oxyrhopus petola*, *Siphlophis compressus*, *Leptodeira annulata* e *Amerotyphlops brongersmianus*.

Consoante os dados e literatura analisados para esse trecho do rio Doce, há uma elevada riqueza de anfíbios, destacando-se as 92 espécies da região de Santa Teresa (EPE, 2007), com um número anormal de espécies, como também a região de Guarapari, com 53 espécies (NUTRIPETRO, 2013b), e a Flona de Goytacazes, com 44 espécies. As mesmas localidades, com exceção de Santa Teresa, destacam-se pela grande riqueza de répteis: 57 espécies no litoral do Espírito Santo (Aracruz e Guarapari), pelo relatório da NutriPetro (2013b), e 43 espécies na Flona de Goytacazes.

AVIFAUNA

Métodos

O estudo da linha-base deste grupo taxonômico foi realizado em duas fases: a primeira tratou-se de um extensivo levantamento bibliográfico dos diferentes tipos de pesquisa desenvolvidos na área de abrangência deste estudo e a segunda foi sua descrição, visando à caracterização da fauna silvestre no período pretérito ao desastre.

É de suma importância a realização de um levantamento bibliográfico para definição de um referencial teórico e, por meio disso, identificar as referências a ser utilizadas para a formatação de uma lista de espécies com ocorrência comprovada e com potencial de ocorrência na área estudada, além de caracterizar a presença de espécies ameaçadas de extinção, endêmicas, exóticas e/ou invasoras e abordar aspectos como dados de abundância, densidade e outros parâmetros populacionais.

Esta pesquisa foi conduzida em toda a área de abrangência do estudo, compreendendo a bacia hidrográfica do rio Doce e os trechos do alto, médio e baixo rio Doce até a desembocadura desse mesmo rio no oceano Atlântico, com enfoque especial nas áreas afetadas pelo desastre. O trecho alto compreende a região da barragem de Fundão até a UHE Risoleta Neves, incluindo as cabeceiras do rio Doce na porção sul da Serra do Espinhaço – rios Gualaxo do Norte, Carmo, Piracicaba e Piranga. O trecho médio inclui a região entre as UHEs Risoleta Neves e Mascarenhas, entre os municípios de Rio Doce (MG) e Baixo Guandu (ES), respectivamente. Esse trecho abrange os municípios mineiros de Ipatinga (passando pelo PERD), Governador Valadares e Conselheiro Pena (onde se localiza o PESS). Por fim, o trecho denominado baixo rio Doce compreende a região entre o município de Baixo Guandu e Linhares, até a foz do rio Doce no oceano Atlântico.

Este extenso levantamento bibliográfico foi realizado mediante consultas em plataformas de periódicos nacionais e internacionais utilizando o software bibliométrico Publish or Perish® e em coleções museológicas pelo sistema integrado de dados primários de coleções científicas conhecido como speciesLink. Além disso, foram consultados diferentes estudos de impactos ambientais de empreendimentos da região disponíveis na rede mundial de computadores, bem como outros desenvolvidos nas unidades de conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Doce, com enfoque especial para as áreas afetadas diretamente pelo desastre.

Para a nomenclatura, os nomes populares das espécies e o status de ocorrência seguiram o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (PIACENTINI et al., 2015), hábitat (SIGRIST, 2009) e endemismo (BROOKS et al., 1999). Para a classificação de cada espécie registrada na área de ocorrência deste estudo quanto ao aspecto do estado de ameaça nos diferentes âmbitos abordados (estadual, nacional e mundial), foram utilizadas as listas vermelhas de fauna ameaçada elaboradas por Passamani e Mendes (2007), no Espírito Santo, COPAM (MINAS GERAIS, 2010), em Minas Gerais, além da Portaria nº 444 (BRASIL, 2014) e mundial (IUCN, 2018).

Resultados

Em conjunto com a Colômbia e o Peru, o Brasil é um dos países com maior riqueza avifaunística da América do Sul, sendo também aquele com o maior número de espécies ameaçadas no mundo (PIACENTINI et al., 2015; BIRDLIFE INTERNACIONAL, 2017). O último levantamento sistematizado da avifauna nacional (PIACENTINI et al., 2015) apontou uma lista de 1.919 espécies, totalizando 3.051 táxons – a soma das espécies e das subespécies reconhecidas. Essa admirada riqueza distribui-se em 33 ordens, 103 famílias e 705 gêneros taxonômicos. Não obstante, a lista de avifauna brasileira não deixa de crescer a cada nova atualização, apesar de pouco – 7% desde a última década, número baixo comparado com outros grupos taxonômicos menos conhecidos. A avifauna da Floresta Atlântica, no entanto, encontra-se bem conhecida por ter sido alvo de muitas pesquisas de biodiversidade (PIACENTINI et al., 2015). A seguir, estão descritos os estudos obtidos para os trechos do rio Doce e que foram aqui abordados de modo a caracterizar a avifauna e descrever o conhecimento existente sobre a região. No Apêndice F, segue a lista de espécies com probabilidade de ocorrência na área de abrangência do estudo, com informações complementares pertinentes, como nome popular, hábitat preferencial, status de ocorrência, endemismo e categorias de ameaças nos âmbitos estaduais, nacional e mundial.

- Alto rio Doce

A maior parte dos registros avifaunísticos do trecho do alto rio Doce está concentrada na Serra do Caraça, que abriga uma avifauna com a presença de táxons típicos da Mata Atlântica e dos campos rupestres (VASCONCELOS; MELO JR, 2001), sendo considerada uma área importante para a conservação das aves do bioma (BENCKE et al., 2006). Nela, insere-se a RPPN-SC, que, por sua vez, abrange grande parte da Serra do Caraça – um dos divisores geográficos da bacia hidrográfica do rio Doce.

A RPPN-SC está na porção meridional da cadeia do Espinhaço, na região do quadrilátero ferrífero, área prioritária para a conservação da biodiversidade em Minas Gerais, em categoria de especial importância biológica devido à alta riqueza de vertebrados, com destaque às aves (VASCONCELOS; MELO JR, 2001; DRUMMOND et al., 2005). Também integra a área destinada às reservas da biosfera da Serra do Espinhaço e da Floresta Atlântica, reconhecidas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) em 2005, e é inscrita na Área de Proteção Ambiental ao Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul – RMBH) (VASCONCELOS, 2017). Dessa maneira, a caracterização da avifauna deste trecho do rio Doce baseou-se em diversos levantamentos, realizados principalmente pelo pesquisador F. M. Vasconcelos (VASCONCELOS; MELO JR, 2001; VASCONCELOS et al., 2003, 2005; VASCONCELOS; LPES; HOFFMAN, 2007) na Serra do Caraça e áreas adjacentes, com o complemento de estudo de fragmentos florestais no sul da cadeia do Espinhaço e em Ouro Branco e Ouro Preto (PEREIRA et al., 2015), além dos planos de manejo das unidades de conservação presentes na área, como da RPPN-SC (SANTUÁRIO DO CARAÇA, 2013), da SOB (IEF, 2017f) e da EET (FEAM, 1995).

A RPPN-SC possui 11.233 ha e variação altitudinal de 850 a 2.072 m. A vegetação nativa é composta por floresta atlântica montana nas baixas altitudes e ao longo dos corpos d'água e campos rupestres (campos de altitude) nas altitudes elevadas, com pastagens e pequenos reservatórios no interior. O maior levantamento da avifauna da região da Serra do Caraça foi feito por Vasconcelos e Melo Jr (2001), complementando os estudos de Carnevalli (1980), autor do primeiro levantamento sistemático

da região, em adição aos registros históricos de naturalistas como G. H. von Langsdorff, A. Saint-Hilaire, J. B. von Spix, C. F. P. von Martius, P. E. Gounelle e A. A. da Silveira (VASCONCELOS; MELO JR, 2001).

O esforço amostral realizado por esses pesquisadores também incluiu pontos na fazenda Bocaina, no município de Santa Bárbara, em que se encontra o Parque Nacional da Serra do Gandarela, caracterizado por floresta atlântica secundária, pastagens e pântanos. O levantamento resultou no registro de 264 espécies de aves na RPPN-SC, das quais 47 são endêmicas da Floresta Atlântica, quatro, do Cerrado e três, da cadeia do Espinhaço. Quanto aos graus de ameaça, à época os autores registraram 20 espécies ameaçadas ou quase ameaçadas mundialmente e oito ameaçadas no estado de Minas Gerais.

Entre os registros, cinco foram introduzidas localmente (*Sicalis flaveola, Sporophila caerulescens, Cyanoloxia brissonii, Icterus jamacaii* e *Chrysomus ruficapillus*). *Passer domesticus* e *Estrilda astrild*, por sua vez, são exóticas. Em relação ao último levantamento, feito por Carnevalli (1980), Vasconcelos e Melo Jr (2001) apontam *Crypturellus noctivagus, Nyctibius aethereus, Melanerpes flavifrons, Thamnophilus doliatus, Myrmotherula axillaris, Anabazenops fuscus, Philydor atricapillus, Dendrocincla turdina, Campylorhampus trochilirostris, Attila rufus, Hylophilus poicilotis, Phaeothlypis rivularis* e *Chlorophanes spiza* como identificações erradas. Ainda, não houve comparação com outro checklist apresentado por Forrester (1993), uma vez que este incluiu registros da Serra do Caraça e de Peti, áreas que se distinguem quanto à ocorrência de muitas espécies (VASCONCELOS; MELO JR, 2001).

Pelos registros realizados pelos autores, destacam-se *Ramphastos dicolorus* e *Drymophila rubricollis* como raras na Serra do Caraça; *Piculus aurulentus, Formicivora serrana* e *Hemitriccus nidipendulus* como endêmicas, mas bastante comuns na região; *Drymophila ochropyga*, quase ameaçada mundialmente; e *Embernagra longicauda*, endêmica da Floresta Atlântica e da serra do Caraça. Em suma, a Serra do Caraça destaca-se por conter espécies da avifauna endêmicas tanto do Cerrado quanto da Floresta Atlântica, abrigando o extremo sul de distribuição de muitas espécies (*Hylopezus nattereri, Neopelma chrysolophum* e *Oreophylax moreirae*). Sujeita a atividades antrópicas, como mineração e incêndios, a área de entorno (a qual inclui Mariana) é destacada como de fundamental importância para a conservação das espécies da Serra do Caraça (VASCONCELOS, 2017).

Outros estudos realizados por Vasconcelos e outros pesquisadores complementaram a caracterização da região da Serra do Caraça com registros adicionais; por exemplo, Vasconcelos et al. (2003) registraram 12 novas espécies, das quais a presença de *Primolius maracana, Thamnophilus torquatus, Elaenia cristata* e *Euscarthmus meloryphus* foi atribuída ao desmatamento na base da serra, duas realizam migrações sazonais (*Legatus leucophaius* e *Tyrannus albogularis*) e outras seis espécies são prováveis autóctones de baixa abundância. Esse estudo expandiu para 286 o número de espécies de aves na região.

A região de Barro Branco, município de Mariana, foi objeto de observação de Vasconcelos et al. (2005), em conjunto com outros dois fragmentos de mata secundária nas localidades de morro da Água Quente (vertente leste da Serra do Caraça) e RPPN-SC, ambas no município de Catas Altas. Nesse estudo, os autores relatam o consumo de frutos de taquaras (*Parodiolyra micrantha* e *Chusquea attenuata*) por algumas espécies de aves: *Tiaris fuliginosa*, em Mariana, *T. fuliginosa* e *Claravis pretiosa*, no morro da Água Quente, representando novos registros para a Serra do Caraça, e Haplospiza unicolor, na RPPN-SC.

O levantamento da avifauna do plano de manejo da RPPN-SC (SANTUÁRIO DO CARAÇA, 2013) foi também realizado pelo pesquisador M. F. Vasconcelos, constando toda a revisão da literatura para a região até a época de sua publicação. Assim, o plano de manejo inclui todos os registros confirmados na região, com suas respectivas fontes de informação e tipos de documentação (espécime, gravação e fotografia), a distribuição altitudinal dessas espécies e seu estado de conservação e endemismos, os registros considerados duvidosos, mas com potencial de ocorrência na região, além dos registros de espécies que certamente não ocorrem na região, baseados em erros de identificação.

Com base nessa literatura, registraram-se 386 espécies de aves, das quais 14 consideradas duvidosas, pois nunca foram registradas na RPPN-SC, mas são conhecidas em áreas próximas e possuem potencial de ocorrência na região. Outros 14 registros foram identificados como errôneos, sendo representados por espécies que seguramente não ocorrem na região, o que sumariza a composição da avifauna da região em 372 espécies, cerca de metade do número de espécies ocorrente no estado de Minas Gerais, segundo a lista do estado de 1993 (MATTOS; ANDRADE; FREITAS, 1993). Destas, 74 espécies são endêmicas da Floresta Atlântica, além de três do Cerrado e quatro dos topos de montanha do leste do Brasil, sendo essa região o limite de distribuição de muitas dessas espécies, como a coruja-listrada (*Strix hylophila*), o beija-flor-rubi (*Heliodoxa rubricauda*), o pica-pau-dourado (*Piculus aurulentus*), a borralhara (*Mackenziaena severa*), o pinto-do-mato (*Hylopezus nattereri*), o tapaculo-pintado (*Psilorhamphus guttatus*), a tovaca-cantadora (*Chamaeza meruloides*), o arapaçu-de-bico-torto (*Campylorhamphus fa-ularius*), a maria-pequena (*Phylloscartes sylviolus*), o tropeiro-da-serra (*Lipaugus lanioides*), a saíra-lagarta (*Tangara desmaresti*) e o tico-tico-do-mato (*Arremon semitorquatus*).

A RPPN-SC abriga algumas espécies ameaçadas em diversos níveis, das quais vale destacar o pixoxó (*Sporophila frontalis*) e cigarra-verdadeira (*Sporophila fa-irostris*), em perigo no nível mundial, ameaçados no nível nacional e em perigo no estado de Minas Gerais; a águia-cinzenta (*Urubitinga coronata*), ameaçada nos níveis mundial, nacional e estadual; o macuquinho-da-várzea (*Scytalopus iraiensis*), ameaçado no nível mundial e nacional (MINAS GERAIS, 2010; BRASIL, 2014; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017), entre diversos outros, como a tesourinha-da-mata (*Phibalura flavirostris*) e chibante (*Laniisoma elegans*) na categoria de vulnerável, o uru (*Odontophorus capueira*), gavião-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*), gavião-de-penacho (*Spizaetus ornatus*), maria-pequena (*Phylloscartes sylviolus*) e gavião-pombo-grande (*Leucopternis polionotus*), em diferentes categorias de ameaça em Minas Gerais, com destaque para o fa-ão-de-peito-laranja (*Falco deiroleucus*), criticamente ameaçado (MINAS GERAIS, 2010). Quanto à utilização de hábitats, o plano de manejo da RPPN-SC faz uma análise robusta sobre a ocorrência de espécies associadas aos picos mais elevados da Serra do Caraça e a amplas áreas florestadas, ambientes que apresentam maior fragilidade.

No plano de manejo da EET, unidade de conservação inserida em Ouro Preto, a caracterização da fauna cita o conhecimento apenas da avifauna e herpetofauna desenvolvido pelo Clube de Observadores de Aves e pelo administrador da EET (FEAM, 1995). Registraram-se, assim, 142 espécies compondo a avifauna, sendo a tesourinha-da-mata (*Phibalura flavirostris*) quase ameaçada mundialmente (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017) e vulnerável no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010). A lista de aves da EET apresenta também *Augastes scutatus*, atualmente considerada quase ameaçada mundialmente.

O plano de manejo do Parque Estadual Serra do Ouro Branco (PESOB) (IEF, 2017f) teve sua caracterização avifaunística realizada pelos pesquisadores Rômulo Ribon e Larissa Lacerda, registrando 79 espécies de aves pertencentes a 37 famílias e 15 ordens, o que representa 9,58% das espécies observadas em Minas Gerais (MATTOS; ANDRADE; FREITAS, 1993) e 36,58% da avifauna registrada para toda a cadeia do Espinhaço (VASCONCELOS; RODRIGUES, 2010). Essa riqueza, no entanto, pode ser maior, dado que foram estimadas 104,4 espécies de aves com o estimador jackknife de primeira ordem. Ainda assim, trata-se de um local com baixa riqueza de aves devido às grandes extensões de campo rupestre presentes no PESOB, as quais abrigam uma menor diversidade da avifauna quando comparadas com outras formações vegetais, como as florestais. Das 79 espécies registradas, sete são endêmicas da Floresta Atlântica: o tangarazinho (*Ilicura militaris*), o tachuri-campainha (*Hemitriccus nidipendulus*), a maria-preta-de-garganta-vermelha (*Knipolegus nigerrimus*), o pula-pula-assobiador (*Myiothlypis leucoblephara*), a saíra-douradinha (*Tangara cyanoventris*), a saíra-ferrugem (*Hemithraupis ruficapilla*) e a cigarra-bambu (*Haplospiza unicolor*). Também foram observadas duas espécies endêmicas dos topos de morro do leste do Brasil: o rabo-mole-da-serra (*Embernagra longicauda*) e o papa-moscas-de-costas-cinzentas (*Polystictus superciliaris*), mas não houve nenhum endemismo do Cerrado. Os autores disponibilizaram a lista de ocorrência em conjunto com o tipo de registro e o local (na área do PESOB ou no entorno) e comentam em que hábitat algumas espécies-chave ocorreram.

O registro de *Augastes scutatus*, espécie quase ameaçada mundialmente, soma-se a pelo menos outras duas espécies ameaçadas destacadas pelos autores: o tico-tico-de-máscara-negra (*Coryphaspiza melanotis*) e a corruíra-do-campo (*Cistothorus platensis*). Vale ressaltar que A. scutatus é uma espécie ausente na lista de ameaça de Minas Gerais, o que destaca a identificação de espécies sensíveis e endêmicas para a conservação, pois estas podem entrar facilmente em ameaça de extinção. Quanto à densidade, houve predomínio de espécies raras (pouco abundantes), em contraposição ao menor número de espécies abundantes no PESOB, padrão observado na maioria das assembleias de aves. As espécies mais abundantes foram o tico-tico (*Zonotrichia capensis*), o pula-pula-assobiador (*Myiothlypis leucoblephara*) e o bico-chato-de-orelha-preta (*Tolmomyias sulphurescens*). Outras espécies, como o bico-de-veludo (*Schistochlamys ruficapillus*), a saíra-dourada (*Tangara cayana*) e a cambacica (*Coereba flaveola*), são encontradas em Cerrado stricto sensu e mesmo em jardins e locais mais arborizados em áreas urbanizadas (STOTZ et al., 1996). Quanto ao hábitat preferencial, 34 (43%) são aves florestais, 24 (30,4%), espécies campestres e as demais 21 (26,6%), generalistas, ocorrendo em ambos os habitats (florestados e campestres).

Faria et al. (2006) fizeram um levantamento de aves em um fragmento florestal do alto rio Doce localizado em Peti, disponibilizando a lista de ocorrência. Registraram um total de 231 espécies, pertencentes a 57 famílias (33% das 682 espécies observadas na Floresta Atlântica na época), sendo 33 espécies endêmicas à Floresta Atlântica e uma ao Cerrado. Diagnosticaram 22 espécies abundantes, 24 comuns, 52 escassas, 90 raras e 43 ocasionais, segundo a frequência de ocorrência. Das espécies encontradas, cinco são consideradas ameaçadas em Minas Gerais e uma delas é globalmente ameaçada (*Crax blumenbachii*). Comparando com um estudo desenvolvido em período pretérito (CARNEVALLI et al., 1989), 35 espécies novas foram catalogadas na área e 52 espécies antes registradas foram consideradas localmente extintas.

Claudino (2013) estudou a ocorrência e abundância de corujas na Floresta Estadual do Uamii (FEU), na EET e na SOB, na Fazenda da Brígida (FB) e no Condomínio Paragem do Tripui (CPT). A FEU possui uma área de 4.309,16 ha e abriga um dos principais remanescentes de Floresta Atlântica de Minas Gerais, com o PERD. A EET localiza-se na cidade de Ouro Preto e a SOB, no município de Mariana, com altitudes variando de 1.250 a 1.568 m e vegetação com predominância de matas secundárias, em função do histórico processo de transformação da região em áreas urbanas e agrícolas e também pela influência da mineração. A FB localiza-se próxima ao município de Ouro Preto, estando inserida na APA estadual Cachoeira das Andorinhas, também em Ouro Preto. Possui uma área de 18.700 ha, com vegetação predominantemente composta por floresta atlântica (florestas estacionais semideciduais) e floresta ripária e de galeria, incluindo também áreas de Cerrado e formações de campo rupestre. Por fim, o CPT localiza-se próximo a Ouro Preto, sendo uma área residencial com um remanescente de Floresta Atlântica de 145 ha.

Com o intuito de avaliar a preferência de hábitats de corujas, Claudino (2013) registrou um indivíduo da espécie *Aegolius harrisii* (2%), 33 de *Megascops choliba* (75%) e dez de *Strix hylophila* (23%), totalizando 44 registros. O único indivíduo de *A. harrisii* foi observado no interior da floresta, enquanto os indivíduos de *M. choliba* utilizaram mais habitats de bordas das florestas e de clareiras (79%) e os indivíduos de *S. hylophila*, os habitats de interior das florestas (90%), com preferência significativa pelos habitats descritos por *M. choliba* e S. hylophila. Ademais, das variáveis climáticas mensuradas (velocidade máxima do vento, temperatura e umidade relativa), houve correlação apenas da abundância de *S. hylophila* com a umidade relativa.

O segundo objetivo do autor foi avaliar a riqueza de corujas em relação ao tamanho dos fragmentos estudados. Assim, por meio das metodologias de playback e transecto linear, registrou seis espécies (*Aegolius harrisii, Megascops choliba, Pulsatrix koeniswaldiana, Asio clamator, Strix virgata* e *Strix hylophila*), totalizando 37,5% das 16 espécies que ocorrem em Minas Gerais. Foram 33 registros, dos quais 22 (76%) foram de *M. choliba*; as demais espécies variaram entre um e quatro indivíduos, sendo essa riqueza similar à de outros fragmentos da Floresta Atlântica. Entretanto, não houve correlação entre a riqueza de corujas e o tamanho dos fragmentos. *A. harrisii, P. koeniswaldiana* e *S. hylophila* apresentaram alta sensibilidade à alteração dos habitats, ocorrendo principalmente nos maiores fragmentos, de área superior a 340 ha. Em termos de ameaça, *Strix hylophila* é quase ameaçada mundialmente (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017).

Pereira et al. (2015) compararam a riqueza e a densidade de aves que dependem de ocos em árvores para ovipôr entre a floresta nativa e florestas de eucaliptos em duas unidades de conservação: o PEI, inserido nos municípios de Mariana e Ouro Preto, com cerca de 7.000 ha e altitude de 700 a 1.772 m, e a FEU, inserida no município de Mariana, com 4.398 ha e altitude de 930 m até cerca de 1.800 m. Ambas são administradas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) e localizadas no extremo sul da cadeia do Espinhaço. Houve 170 registros, sendo identificadas 14 espécies de aves que fazem postura em ocos de árvores. Foram registradas, para o PEI, oito espécies no eucaliptal e 13 na vegetação nativa e, para a FEU, sete espécies no eucaliptal e sete espécies na vegetação nativa.

A riqueza total pelo estimador *jackknife* de primeira ordem foi de 16,95±3,78 e 11,99±1,94 (média ± IC 95%) e a riqueza observada foi de 13 e 11 para as áreas de vegetação nativa e para as áreas

com eucaliptos, respectivamente. O pica-pau-de-banda-branca (*Dryocopus lineatus*), o irré (*Myiarchus swainsoni*) e a viuvinha (*Colonia colonus*) mostraram-se raros, sendo registrados somente no PEI, enquanto a maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado (*Myiarchus tyrannulus*) foi observada somente na vegetação com eucalipto da FEU. A densidade média das aves na vegetação nativa foi significativamente maior que a densidade média nas áreas com eucalipto.

Por fim, a região do alto rio Doce pode ser caracterizada pela elevada riqueza taxonômica associada ao amplo gradiente altitudinal da RPPN-SC, que engloba vários ambientes, além da conexão florestada com a vertente leste da Serra da Gandarela (limites de municípios de Santa Bárbara e Rio Acima). Essa riqueza, entretanto, é ameaçada pela contínua destruição florestal das atividades de mineração, que, com o tempo, acarretará na fragmentação desse corredor, quebrando suas conexões e impedindo o fluxo de elementos avifaunísticos, além de diminuir a área de habitat disponível para a avifauna (SANTUÁRIO DO CARAÇA, 2013). O PESOB, por sua vez, não apresentou grande riqueza por abrigar grandes extensões de campo rupestre, ambiente que possui uma menor diversidade da avifauna quando comparado com outras formações florestais (IEF, 2017f). Já na EET, localizada em Ouro Preto, 142 espécies foram registradas. Somando esses registros com a avifauna da Serra do Caraça, tem-se uma diversidade significativa, principalmente para as espécies endêmicas e ameaçadas citadas.

- Médio rio Doce

A porção mineira da bacia do rio Doce apresenta uma grande riqueza de espécies de aves, tendo sido contabilizadas pelo menos 393 espécies no levantamento de 1995, representando aproximadamente um quarto da avifauna brasileira e metade das espécies com distribuição em Minas Gerais (MACHADO, 1995 apud IEF, 2001). No contexto do médio rio Doce, Machado e Fonseca (2000) registraram o levantamento mais abrangente, em termos de fragmentos, amostrando e compilando dados secundários para seis localidades – PERD, RPPN-FMA, Nova Era, Antônio Dias, Peti e RPPN-MS. Após o registro de uma riqueza excepcional no PERD (IEF, 2001), outros estudos, como os de Branco (2003), Carvalho Filho et al. (2009) e Loures-Ribeiro et al. (2011), também foram realizados.

Machado e Fonseca (2000) registraram a avifauna de quatro municípios pertencentes ao médio rio Doce (Nova Era, Antônio Dias, Caratinga e Marliéria), encontrando 75 espécies, distribuídas em 15 famílias. Para cada uma das sete localidades amostradas, os autores registraram o número de espécies de ampla distribuição, quase endêmicas, endêmicas e ameaçadas. Também apresentaram valores de biodiversidade (H') para cada município e a composição de acordo com a altitude e sazonalidade, além de uma análise de similaridade entre cada localidade.

Dos 466 indivíduos coletados, 231 indivíduos, representando 50 das 75 espécies, foram encontrados somente em Nova Era. Os dados de abundância constam apenas para as aves com cinco ou mais capturas, mas são descritos para cada uma das quatro localidades (Antônio Dias, Nova Era, PERD e RPPN-FMA). Contando com os dados secundários, foram registradas 397 espécies, sendo 38 (9,5%) endêmicas da Floresta Atlântica. Constatou-se, a partir desse estudo, que o PERD possui maior riqueza (299 espécies), seguido de Peti (250), RPPN-FMA (204), Nova Era (125), Antônio Dias (156) e RPPN-MS (101), sendo que a riqueza de espécies foi correlacionada significativamente com o tamanho dos fragmentos florestais (escala logarítmica, $r = 0,82857$, $P < 0,05$). O PERD também foi registrado com o

maior número de táxons endêmicos (23 espécies, 7,7%), seguido de 15 (7,7%) na RPPN-FMA, dez (8,0%) em Nova Era, 17 (11,0%) em Antônio Dias, 20 (8,0%) em Peti e 15 (14,8%) na RPPN-MS (MACHADO; FONSECA, 2000).

Os estudos de maior duração e abrangência realizados no PERD foram os de Carnevalli (CARNEVALLI; TONELLI; VASCONCELOS-SILVA, 1978; CARNEVALLI; LANNA, 1981), que resultaram na formação de uma coleção de 240 peles de 103 espécies de aves. Apesar de alguns estudos conduzidos com a avifauna do PERD, a área de abrangência e o esforço amostral destes nem sempre foram considerados suficientes para amostrar toda a riqueza avifaunística local, principalmente nas áreas localizadas na porção interior do parque (IEF, 2001). O plano de manejo do PERD fornece uma lista de 325 espécies de aves registradas para a localidade. Esse número exclui, no entanto, espécies com apenas um registro (visual ou sonoro), que correspondem a 49. À época, a riqueza registrada correspondia a 82% das aves observadas para o vale do rio Doce de Minas Gerais (MACHADO, 1995), 47% das aves registradas para o bioma da Floresta Atlântica (STOTZ et al., 1996), 41% da avifauna mineira (MATTOS; ANDRADE; FREITAS, 1993) e 19% da avifauna brasileira (SICK, 1997), contando com 13 espécies ameaçadas de extinção em nível mundial, 20 espécies no Brasil e 25 em Minas Gerais. As cinco espécies presentes na lista de Minas Gerais eram o inambu-anhangá (*Crypturellus variegatus*), o uru (*Odontophorus capueira*), a juriti-vermelha (*Geotrygon violacea*), o curió (*Sporophila angolensis*) e o canário-da-terra (*Sicalis flaveola*) (IEF, 2001). Também foi citado o mutum-de-bico-vermelho (*Crax blumenbachii*), uma das três espécies de cracídeos mais ameaçadas do Brasil, extinta na maior parte dos locais em que habitava originalmente.

O mutum-de-bico-vermelho atualmente consta ameaçado em todas as listas para a região do rio Doce, sendo criticamente ameaçado na lista nacional e de Minas Gerais e ameaçado mundialmente (MINAS GERAIS, 2010; BRASIL, 2014; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017). Destacam-se também os registros do gavião-real (*Harpia harpyja*), jacutinga *(Aburria jacutinga*), gavião-pombo (*Pseudastur polionotus*), crejoá (*Cotinga maculata*) e jacutinga (*Aburria jacutinga*), muitos dos quais são históricos e, portanto, indicam uma extrema raridade da espécie ou extinção local no PERD, dada sua não confirmação posterior. Foram citadas 57 espécies de aves endêmicas da Floresta Atlântica, sendo endêmicas todas as citadas na lista nacional.

Esses registros colocam o PERD como uma área importantíssima para a conservação da biodiversidade de aves, especialmente do bioma da Floresta Atlântica (IEF, 2001). Não obstante, o documento separa as espécies registradas em quatro grupos, segundo sua preferência de habitat: aves florestais, aves de borda, aves campestres e aves aquáticas, sendo as últimas associadas aos ambientes limnícolas e suas margens, sejam eles lagoas, brejos, alagados, rios e córregos. Quarenta e um por cento (132 espécies) eram espécies dependentes de ambientes florestais, em maior ou menor grau de conservação. As espécies associadas às bordas representaram 26% do total de aves, sendo também dependentes da existência de mata ou vegetação arbórea. Por fim, 22% das aves (72 espécies) eram típicas de áreas abertas e 10% apresentaram hábito aquático.

Espécies de hábitos migratórios constituíam 20% da riqueza de aves do PERD. Quanto às espécies exóticas presentes no parque, citam-se o pintor (*Tangara fastuosa*), originário da região Nordeste do país; a maracanã-guaçu (*Ara severus*), o pica-pauzinho-avermelhado (*Veniliornis affinis*),

o caneleiro-da-guiana (*Pachyramphus surinamus*) e o papa-capim-de-coleira (*Dolospingus fringilloides*), da região amazônica; a arara-canindé (*Ara ararauna*) e o pica-pau-louro (*Celeus lugubris*), do Brasil Central; além do amarelinho-do-junco (*Pseudocolopteryx flaviventris*), da região Sul do Brasil.

Outros estudos colaboraram para o conhecimento da avifauna do PERD. Branco (2003) analisou a avifauna de lagos do médio rio Doce (PERD e entornos), registrando um total de 39 espécies, pertencentes a 14 famílias e nove ordens. Também disponibilizou dados de abundância, densidade, biomassa, riqueza e diversidade beta para cada espécie, além da abundância relativa de ordens e da influência da sazonalidade.

Carvalho Filho et al. (2009) registraram 38 espécies de rapina diurnas no PERD, sendo *Urubitinga coronata* ameaçada em nível nacional e mundial, tauató-pintado (*Accipiter poliogaster*), gavião-de--penacho (*Spizaetus ornatus*) e gavião-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*) ameaçadas de extinção em Minas Gerais e gavião-ripina (*Harpagus bidentatus*) e gavião-miudinho (*Accipiter superciliosus*) carentes de referências em Minas Gerais.

Em outro estudo, Zorzin et al. (2009) avaliaram as aves de rapina noturnas do PERD. Foram registradas sete espécies de corujas: *Tyto furcata* (Tytonidae), *Megascops choliba, Pulsatrix koeniswaldiana, Glaucidium brasilianum, G. minutissimun, Athene cunicularia* e *Asio clamator* (Strigidae), somando nove espécies com outras duas registradas anteriormente: *C. virgata* e *Bubo virginianus*. Além disso, os dois trabalhos abordaram as características gerais de cada família e espécie observada, destacando também outras espécies com provável ocorrência e de ampla distribuição ques não foram registradas. Ambos fornecem a descrição de cada espécie, seu habitat, alimentação, reprodução, comentando também sua abundância no PERD.

Loures-Ribeiro et al. (2011) registraram, durante a estação seca de 2006, as aves de sub-bosque de dois trechos de floresta do PERD, incluindo os dados de Machado e Fonseca (2000) no estudo. Pretendendo comparar a riqueza entre algumas regiões, encontraram 38 espécies (146 capturas e 50 recapturas), realizaram considerações sobre a guilda e riqueza da avifauna, além de confirmar o registro exclusivo de *Habia rubica* no PERD.

Na atual situação do médio rio Doce, em que não são encontrados fragmentos florestais de grande porte em médio/avançado estado de conservação fora de unidades de conservação, as áreas protegidas (como as unidades de conservação) existentes na região abrigam a maior parte da diversidade avifaunística de Minas Gerais, o que sugere alta restrição e dependência das espécies de avifauna por esses locais, sendo essas áreas consideradas insubstituíveis para muitas espécies ameaçadas e endêmicas. Um dos mais importantes fragmentos florestais, nesse cenário, é o PERD. De forma geral, para as aves mais sensíveis à perturbação ambiental e dependentes de maiores extensões de florestas, o PERD é um dos poucos remanescentes no médio rio Doce capaz de sustentar populações viáveis de espécies raras e ameaçadas, tendo papel essencial como fonte dispersora para outros remanescentes da região, fruto da dinâmica de metapopulações (IEF, 2001). Conforme o levantamento deste relatório, pouquíssimas outras áreas da região mantêm tal diversidade de avifauna, chegando sequer à metade dos táxons registrados no PERD.

O contexto da avifauna integrando o corredor ecológico Sossego-Caratinga é bem representado pelos dados de ocorrência registrados nos planos de manejo da RPPN-FMA (PRESERVE MURIQUI, 2014)

e da RPPN-MS (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014). Dentro da realidade da RPPN-FMA, seu plano de manejo destaca sua caracterização como um fragmento integrante de uma possível dinâmica de metapopulações, idealizadas a partir das observações da variação na composição da avifauna durante o estudo de Machado e Fonseca (2000). Esse fragmento florestal representa uma importante área para a manutenção da riqueza das espécies de aves e de outros táxons na região da bacia do rio Doce, mais especificamente, no médio rio Doce (PRESERVE MURIQUI, 2014). A composição da avifauna numa distribuição em gradientes latitudinais, também estudada por Machado e Fonseca (2000), mostrou uma grande similaridade entre a RPPN-FMA e o PERD, ambos situados numa altitude de até 500 m, levando ao objetivo de reestruturar a conexão entre as duas regiões por meio da proteção dos fragmentos remanescentes e das matas ciliares. Isso se faz importante visto que muitas espécies, a exemplo de *Conopophaga melanops, Drymophila squamata, Dendrocincla turdina* e *Pyriglena leucoptera*, demonstraram áreas de distribuição pequenas e limitadas por estreitas zonas altitudinais.

O primeiro estudo da composição avifaunística da RPPN-FMA foi realizado por Carnevalli, no fim da década de 1970 e durante os anos 1980. Em um primeiro relatório publicado, sua equipe de pesquisa reuniu o registro de 177 espécies de aves na RPPN-FMA. Machado (1995) acrescentou mais 27 espécies nessa lista, totalizando 204 espécies registradas, enquanto Vasconcelos identificou o gavião-pato (*Spizaetus melanoleucus*) nas matas da RPPN-FMA em 2001, elevando o número para 205 espécies de aves (PRESERVE MURIQUI, 2014). No total, o plano de manejo da RPPN (PRESERVE MURIQUI, 2014) registra 216 espécies de aves, das quais 44 são endêmicas da Floresta Atlântica e 23 constavam, à época, em alguma das listas vermelhas de espécies ameaçadas de extinção regional, nacional ou mundial (PRESERVE MURIQUI, 2014). Dessa lista, *Aratinga solstitialisfoi* desconsiderada por se tratar de uma espécie amazônica, mas a subespécie *A. solstitialis* auricapilla pode ocorrer na RPPN-FMA, necessitando de confirmação. A ordem mais representada é a dos Passeriformes, com 121 espécies, distribuídas nas famílias mais ricas do ambiente: Tyrannidae (28 espécies), Thraupidae (15) e Thamnophilidae (13). Além destas, outras duas famílias (Trochilidae e Psittacidae) são bem representadas, cada uma com dez espécies registradas, sendo metade das espécies de Psittacidae em situação de algum grau de ameaça (*Primolius maracana, Pyrrhura cruentata, Pyrrhura leucotis, Amazona farinosa* e *Amazona vinacea*).

Em relação à avifauna do estado de Minas Gerais (DRUMMOND; MARTINS; MENDONÇA, 2007), com 764 espécies, a RPPN-FMA comporta um quarto das espécies endêmicas da Floresta Atlântica e, aproximadamente, 30% das espécies registradas para todo o estado mineiro. Das espécies ameaçadas nacionalmente, ocorrem nela *Crypturellus noctivagus, A. vinacea, Pyrrhura cruentata* e *P. leucotis*. Para o nível estadual (MINAS GERAIS, 2010), das 13 espécies ameaçadas, citam-se *Tinamus solitarius, Crypturellus variegatus, Odontophorus capueira* e *Spizaetus melanoleucus*, consideradas em perigo, em adição a sete espécies de aves consideradas com dados insuficientes (PRESERVE MURIQUI, 2014).

O plano de manejo constatou a enorme importância da RPPN-FMA para a manutenção da biodiversidade na região, recomendando ações como o monitoramento das populações de tiriba-de-orelha-branca (*P. leucotis*), maracanã (*P. maracana*) e choquinha-chumbo (*D. plumbeus*) e estudos da ecologia e biologia das espécies de papagaio-de-peito-roxo (*A. vinacea*), cuitelão (*Jacamara-yon tridactyla*) e tiriba-grande (*P. cruentata*). A reserva ainda fornece bons locais para a nidificação de

psitacídios e possui características como alta complexidade vegetal e baixa perturbação ambiental, que, aliadas à diminuição da pressão predatória humana, são essenciais para a presença das aves de interior de floresta, como o macuco (*T. solitarius*), o jaó-do-sul (*C. noctivagus*), o chororão (*C. variegatus*), o araçari-debico-branco (*Pteroglossus aracari*) e os jacus (*Penelope superciliaris e P. obscura*). Essa observação é reforçada pela presença na reserva do gavião-pato (*S. melanoleucus*), do urucapoeira (*O. capueira*), da pomba-amargosa (*Patagioenas plumbea*), do murucututu-debarriga-amarela (*Pulsatrix koeniswaldiana*), do araçari-banana (*Pteroglossus bailloni*) e do tucano-de-bico-preto (*Ramphastos vitellinus*), todas essas aves altamente sensíveis a distúrbios ambientais.

Por fim, o plano de manejo (PRESERVE MURIQUI, 2014) registrou a presença de um casal de gavião-pato (*S. melanoleucus*) residente dentro da RPPN-FMA, na região do vale do Jaó, que, durante o período de 2008 a 2009, utilizou um ipê-preto (*Zeyheria tuberculosa*), com cerca de 50 m de altura, como base para um ninho, com o nascimento de um filhote. Assim, a RPPN-FMA apresenta um ambiente aparentemente adequado para essa espécie, indicando uma possibilidade de estudos futuros da espécie no estado de Minas Gerais, além de ser área de ocorrência de diversas espécies endêmicas e ameaçadas, como citado anteriormente.

A RPPN-MS teve sua avifauna amostrada em 2010, totalizando o registro de 104 espécies, distribuídas em 30 famílias e 13 ordens, apesar de se tratar de um número provavelmente subestimado pela falta do alcance da assíntota na curva de acumulação de espécies (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014). Sua importância, em termos de riqueza, foi representada pelo registro de espécies comumente encontradas em ambientes naturais com pouco distúrbio, como o gavião-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*), uma espécie florestal que necessita de um ambiente equilibrado, com presença de presas (principalmente pequenos vertebrados) disponíveis, e outras aves como a tovaca-cantadora (*Chamaeza meruloides*), o sabiá-una (*Turdus flavipes*) e o tropeiro-da-serra (*Lipaugus lanioides*), associadas a florestas primárias ou em estado avançado de regeneração. Os encontros com a seriema (*Cariama cristata*) e o tico-tico (*Zonotrichia capensis*), apesar de representarem espécies típicas de ambientes antropizados e/ou abertos, foram raros. Em termos de espécies invasoras, foram registrados o tucanuçu (*Ramphastos toco*) e o corrupião (*Icterus jamacaii*), associados a ambientes abertos.

Espécies com interesse econômico (canoras) e cinegético, como psitacídeos (maracanãs, periquitos e maitacas), o jacuguaçu (*Penelope obscura*) e o inambuguaçu (*Crypturellus obsoletus*), também foram identificadas na RPPN-MS (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014). Ademais, nos municípios ou vilarejos próximos à reserva, foi observada grande quantidade de gaiolas com aves típicas da região, como a maitaca-verde (*Pionus maximiliani*) e o trinca-ferro (*Saltator similis*), sendo o último de grande interesse para o tráfico de animais silvestres e registrado em abundância na região.

Nesta revisão, acrescentam-se os resultados de um estudo conduzido na porção média do Rio Doce, localizada nas proximidades do município de São José do Goiabal, estado de Minas Gerais, que teve como objetivo avaliar a fauna local e os possíveis impactos ambientais inerentes à ampliação da BR-262 (PROSUL, 2016). Neste estudo, foram selecionados sete módulos amostrais ao longo da área de estudo que abrange determinado trecho desta rodovia, dos quais um se localiza exatamente dentro do *buffer* da área-foco de interesse para nosso monitoramento recém-iniciado. Este módulo foi escolhido em um fragmento florestal na margem direita do Rio Doce, no distrito de Águas Férreas, município

mineiro de São Pedro dos Ferros. Os demais módulos amostrais deste estudo contemplaram afluentes do Rio Doce, em diferentes sub-bacias, como por exemplo a do Rio Casca e Rio Piracicaba.

O estudo foi conduzido entre março de 2015 e maio de 2016, tendo sido realizadas quatro campanhas de aproximadamente 30 dias cada, quando os sete módulos amostrais foram inventariados, assim como locais próximos entre eles. Este esforço resultou no registro efetivo de 309 espécies de aves (PROSUL, 2016). A listagem de aves de possível ocorrência na área de estudos do empreendimento foi obtida a partir dos estudos de Carvalho Filho *et al.* (2009), que estudaram aves de rapina diurnas, e Zorzin *et al*. (2009), que levantaram as aves de rapina noturnas, ambos no Parque Estadual do Rio Doce (PROSUL, 2016). Foram consultados também os estudos de Ribeiro (2008), o qual estudou a comunidade de aves em uma área desse mesmo parque, e Simon *et al*. (1999), os quais estudaram as aves da região sudeste do estado de Minas Gerais. Segundo PROSUL (2016), foi estimada a ocorrência de 404 espécies de aves para esta região, dentre as quais, 12 encontram-se ameaçadas de extinção em Minas Gerais (MMA, 2008).

Por estarem localizados próximos ao Rio Doce e à floresta ciliar deste rio, que é alvo principal do monitoramento, os resultados obtidos nestes módulos amostrais se tornam relevantes no sentido de se estimar a fauna que ocorria nestes locais antes do desastre referente ao rompimento da barragem de Mariana.

- Baixo rio Doce

Esta região do rio Doce compreende basicamente o trecho do Espírito Santo, estado que foi um dos primeiros do Sudeste brasileiro a possuir uma lista de aves, fato decorrente principalmente dos trabalhos do naturalista Augusto Ruschi. Ruschi publicou a primeira lista das aves do Espírito Santo (RUSCHI, 1953) e a revisou 14 anos depois (RUSCHI, 1967), de acordo com Simon (2009).

A região engloba poucos fragmentos florestais de grande porte, que possuem elevada importância biológica, sendo considerados áreas prioritárias para a conservação e também fazendo parte do corredor central da Floresta Atlântica, no qual o estado do Espírito Santo é inserido (ICMBIO, 2013b).

Para esta caracterização, são citados os estudos desenvolvidos por Antas e Almeida (2003) nas áreas de reflorestamento da Aracruz Celulose, Serpa et al. (2009) na praia Formosa, também em Aracruz, além do estudo de troquilídeos (beija-flores) realizado por Ruschi e Simon (2012). Ressaltam-se também o levantamento da avifauna do Espírito Santo (SIMON, 2009), o relatório de impacto do empreendimento da NutriPetro (2013b), no litoral de Aracruz, e os planos de manejo da Rebio Augusto Ruschi (IBAMA, 1995), da Rebio Comboios (IBAMA, 1997) e da Flona de Goytacazes (ICMBIO, 2013b).

Os planos de manejo da Rebio Comboios e Rebio Augusto Ruschi são incipientes quanto ao aspecto geral da fauna, mas citam estudos que listam diversas espécies de aves. O da Rebio Augusto Ruschi (IBAMA, 1995) destaca-se por conter informações de um período pretérito do município de Santa Teresa, incluindo os registros da década de 1970 e 1980 de Ruschi (1973, 1979, 1984). Quanto à avifauna, o documento gestor aborda a ocorrência em abundância do joão-de-barro (*Furnarius rufus*), do socozinho (*Butorides striata*), da coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) e de beija-flores, constituindo como parte do levantamento do relatório de Grupo de Observadores de Aves (GOA) a ocorrência de mais de 270 espécies. Entre as ameaçadas citadas à época pelo plano de manejo, salientam-se

o beija-flor-rabo-branco-de-garganta-rajada (*Phaethornis eurynome*), o cuiú-cuiú (*Pionopsitta pileata*) e o macuco (*Tinamus solitarius*), sendo *P. eurynome* limitada geograficamente ao estado do Espírito Santo e exclusiva de mata primária. Citando Ruschi (1984), o plano de manejo comenta que mais de 204 espécies do município de Santa Teresa desapareceram entre 1974 e 1984.

O plano de manejo da Rebio Comboios (IBAMA, 1997), por sua vez, cita apenas um trabalho, com sua respectiva lista de espécies da avifauna (CARVALHO, 1986), totalizando 44 espécies, pertencentes a 26 famílias e 13 ordens na unidade de conservação, sendo 45% da riqueza representada pelos Passeriformes.

Antas e Almeida (2003) estudaram a influência do ciclo da celulose nas aves da microbacia de Aracruz (ES), entre 1993 e 2002. Registraram 189 espécies, indicando quais aves surgiram na microbacia somente após a colheita da madeira ou eram migratórias. Caracterizaram as espécies residentes em determinado habitat: no ambiente florestal, destacam-se a juruviara (*Vireo chivi*), a choca-bate-cabo (*Thamnophilus punctatus*) e o bico-chato-amarelo (*Tolmomyias flaviventris*). Quatro espécies ocorreram unicamente no ambiente de plantio: corruíra (*Troglodytes musculus*), coleirinho (*Sporophila caerulescens*), tiziu (*Volatinia jacarina*) e barulhento (*Euscarthmus meloryphus*), e, no ambiente aberto, tico-tico (*Zonotrichia capensis*), rolinha (*Columbina talpacoti*), e tico-tico-do-campo (*Ammodramus humeralis*). As cinco aves ameaçadas registradas foram *Turdus fumigatus*, *Procnias nudicollis, Amazona rhodocorytha, Primolius maracana* e *Pseudastur polionotus*. As aves migratórias, por sua vez, foram pararu-azul (*Claravis pretiosa*), sovi (*Ictinia plumbea*), sabiá-una (*Turdus flavipes*) e papa-lagarta-de-asa-vermelha (*Coccyzus americanus*).

O número de capturas determinado inicialmente (550) só foi atingido com 18.000 horas/rede, evidenciando que algumas aves na microbacia estavam, em geral, com densidade populacional rarefeita. Nenhuma espécie presente antes da colheita na microbacia desapareceu no período de pós-colheita do eucalipto nos talhões comerciais e registraram-se diversos retornos para a região em até seis anos depois do corte.

Simon (2009) oferece a última lista de espécies da avifauna do estado de Espírito Santo, listando 654 espécies, sendo consideradas exóticas: *Columba livia, Patagioenas picazuro, Furnarius figulus, Fluvicola nengeta, Paroaria dominicana, Estrilda astrild* e *Passer domesticus*. O estudo serve como amparo geral e ponto de início para a amostragem das localidades pertencentes à bacia do rio Doce, em especial, às associadas ao ambiente florestal, como o mangue arbóreo, a mata de restinga e outras formações florestais do Espírito Santo, além de indicar os endemismos, conforme bibliografia mais recente, e as espécies que são frequentemente liberadas de cativeiro (soltura), mas que não necessariamente representam espécies exóticas estabelecidas.

O autor também destaca que grande parte das aves presentes no estado possui estreita afinidade com determinados tipos de vegetação, os denominados endemismos da paisagem, de grande relevância para a conservação da biodiversidade da Floresta Atlântica. Assim, importantes componentes da avifauna capixaba dependem fortemente das áreas naturais remanescentes, sem as quais eles e outros organismos associados desapareceriam de seu território (SIMON, 2009), sendo, por exemplo, o que ocorre com as espécies *Glaucis dohrnii* (balança-rabo-canela), *Crax blumenbachii* (mutum-do-sudeste) – assim como citado para o PERD (IEF, 2001), no médio rio Doce – e *Neomorphus geoffroyi*

(jacu-estalo), com registros recentes unicamente para as “relictuais” matas de tabuleiro ao norte do estado. Simon (2009) ressalta, ainda, o alto endemismo da Floresta Atlântica no estado do Espírito Santo, totalizando 139 espécies.

Serpa et al. (2009) registraram um total de 145 espécies, distribuídas em 20 ordens e 46 famílias na área do Serviço Social do Comércio (SESC) Aracruz, sendo obtidos registros fotográficos ou gravações de 95 (65,5%) desse total, representando pouco mais de 22% das 654 espécies já catalogadas na mais recente lista das aves do estado (SIMON, 2009). O número de espécies listadas para o local representa um aumento de 35 espécies não previamente mencionadas para a região, quando comparado com o estudo de Antas e Almeida (2003). Nove espécies endêmicas foram encontradas: *Aramides saracura, Phaethornis idaliae, Malacoptila striata, Thamnophilus ambiguus, Myiornis auricularis, Todirostrum poliocephalum, Ramphocelus bresilius, Tangara brasiliensis* e *Tangara peruviana*, sendo *Mimus gilvus* enquadrada em perigo, conforme lista de espécies ameaçadas de extinção do Espírito Santo (PASSAMANI; MENDES, 2007), enquanto *Tangara peruviana* é vulnerável mundialmente (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2017). *Columba livia, Patagioenas picazuro, Furnarius figulus, Fluvicola nengeta, Paroaria dominicana, Estrilda astrild* e *Passer domesticus* constituem os registros de espécies exóticas encontradas na área estudada.

Ruschi e Simon (2012) estudaram os beija-flores de Santa Teresa (ES), registrando 22 espécies num gradiente altitudinal de 1.000 m. Das 39 espécies que ocorrem na Floresta Atlântica (45% das 84 do Brasil), a única que não possui registro para o Espírito Santo é *Heliactin bilophus*. Em Santa Teresa (ES), 34 das espécies da Floresta Atlântica foram registradas. Neste estudo, o levantamento ocorreu em seis áreas: Rebio Augusto Ruschi, Estação Biológica de Santa Lúcia (EBSL), Parque Natural Municipal de São Lourenço (PNMSL), Vale do São Brás (VSB), Museu de Biologia Prof. Mello Leitão (PMBML) e a área urbana da cidade, sendo essas áreas caracterizadas em categorias de ambientes. Nove espécies foram exclusivas da região montanhosa: *Ramphodon naevius, Glaucis hirsuta, Phaethornis squalidus, Anthracothorax nigricollis, Leucochloris albicollis, Agyrtria brevirostris, Polyerata fimbriata, Clytolaema rubricauda* e *Calliphlox amethystina*. A riqueza variou de nove a 21 espécies por ambiente, sendo o ambiente de montanha o mais rico. As espécies da subfamília Phaetornithinae foram exclusivas de florestas nativas e outras três espécies (*P. squalidus, P. idaliae e R. naevius*) tiveram maior frequência no mesmo ambiente. Dezesseis espécies tiveram baixo grau de raridade, quatro tiveram médio e *A. nigricollis* e *P. fimbriata* tiveram alto grau.

A NutriPetro (2013b) realizou o levantamento de aves em Aracruz (ES) por meio de dados primários e secundários – incluindo os de Antas e Almeida (2003) e Serpa et al. (2009), já citados – de registros de ocorrência, totalizando 321 espécies, em 25 ordens e 66 famílias. Destas, 129 foram registradas no local. Cinco espécies foram observadas pela primeira vez para Aracruz: o trinta-réis-de-bico-vermelho (*Sterna hirundinacea*) e o trinta-réis-de-bando (*Thalasseus acuflavidus*), ambos listados como potencialmente presentes no local (BIODINÂMICA, 2007); o pernilongo-de-costas-brancas (*Himantopus melanurus*); o príncipe (*Pyrocephalus rubinus*); e o bico-de-veludo (*Schistochlamys ruficapillus*). Na lista de potencial ocorrência, registraram-se espécies que realizam movimentos migratórios longos, oriundas tanto do sul do continente (nove espécies) quanto do hemisfério norte (17 espécies) e uma espécie vagante oriunda do sul. Verificaram-se 20 espécies endêmicas do Brasil, sendo 14 endêmicas da Floresta Atlântica.

Em relação às espécies ameaçadas, foram registradas no estudo desenvolvido pela NutriPetro (2013b): maracanã-verdadeiro (*Primolius maracana*), tiriba-grande (*Pyrrhura cruentata*), chauá (*Amazona rhodocorytha*), sabiá-da-praia (*Mimus gilvus*) e trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*), a primeira em perigo no Espírito Santo (PASSAMANI; MENDES, 2007), sendo intensamente associada à restinga, e a segunda vulnerável em nível nacional (BRASIL, 2014). Outras 19 espécies com potencial ocorrência também foram identificadas como ameaçadas.

O plano de manejo da Flona de Goytacazes (ICMBIO, 2013b) registrou, dentro dos seus limites, 109 espécies e, em seu entorno, 119. Considerando os registros secundários, somaram-se 204 espécies de aves. Do total registrado, 43 espécies correspondem a novas ocorrências para a área de estudo; *Chiroxiphia caudata* e *Saltator similis* foram desconsideradas por não terem área de ocorrência na região. Nenhuma ave migratória foi registrada e, do total, 14 são endêmicas do Brasil. Houve maior riqueza em ambientes dulcícolas (74), seguidos de vegetação antrópica (63), matas de cabruca e aluvião (49 cada). Noventa e uma espécies (46%) pertencem à ordem dos Passeriformes, enquanto 111 são Passeriformes. O documento gestor destaca a presença de 14 espécies ameaçadas de extinção (cinco em nível nacional, 12 em nível regional e três em nível nacional/regional), 90 espécies dependentes do ambiente florestal, 16 espécies endêmicas da Floresta Atlântica e 38 espécies sob pressão de caça (12) e captura (26) no Espírito Santo, o que dá notável relevância para a conservação ambiental da área. Também foram constatadas dez espécies alóctones do território capixaba, incluindo garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), seriema (*Cariama cristata*), noivinha-branca (*Xolmis velatus*) e lavadeira-mascarada (*Fluvicola nengeta*).

Destaca-se a diversidade elevada de espécies da margem e foz do rio Doce nesse trecho de caracterização, principalmente na Flona de Goytacazes (204 espécies) e no município de Aracruz, incluindo suas restingas (321 espécies), como destacado por ICMBio (2013b) e NutriPetro (2013b), respectivamente. A presença de táxons ameaçados e/ou de interesse cinegético e de captura mostrou-se preocupante, principalmente na Flona de Goytacazes, adjacente à cidade de Linhares. Ainda, a Rebio Augusto Ruschi, próxima do município de Santa Teresa, exibe uma riqueza de 270 espécies de aves, mesmo com considerável perda de diversidade nas décadas de 1970 e 1980 (IBAMA, 1995).

MASTOFAUNA

Métodos

O estudo da linha-base deste grupo taxonômico abordou um levantamento bibliográfico, utilizando-se de diferentes tipos de pesquisa desenvolvidos na área de abrangência deste projeto, o que permitiu a caracterização da fauna de mamíferos silvestres, nas áreas de interesse, no período pretérito ao desastre.

É de suma importância a realização de um levantamento bibliográfico para definir um referencial teórico e, por meio deste identificar as referências a serem utilizadas para a elaboração de uma lista de espécies com ocorrência comprovada, ou com potencial de ocorrência na área estudada, além de caracterizar a presença de espécies ameaçadas de extinção, endêmicas, exóticas e/ou invasoras, assim como abordar aspectos como dados de abundância, densidade e outros parâmetros populacionais.

Esta pesquisa abordou toda a bacia hidrográfica do rio Doce, até sua foz no oceano Atlântico, a qual foi dividida para efeitos deste estudo em alto, médio e baixo rio Doce, com enfoque especial nas áreas afetadas pelo desastre. O trecho do alto rio Doce compreende a região da barragem de Fundão até a UHE Risoleta Neves, incluindo as cabeceiras do rio Doce, na porção sul da Serra do Espinhaço – rios Gualaxo do Norte, Carmo, Piracicaba e Piranga. O trecho médio Rio Doce inclui a região entre as UHEs Risoleta Neves e Mascarenhas, entre os municípios de Rio Doce (MG) e Baixo Guandu (ES), respectivamente. Esse trecho abrange os municípios mineiros de Ipatinga (passando pelo PERD), Governador Valadares e Conselheiro Pena (onde se localiza o PESS). Por fim, o trecho denominado baixo rio Doce compreende a região entre o município de Baixo Guandu e Linhares, até a foz do rio Doce no oceano Atlântico.

Para a região costeira, a área de estudo foi definida na região litorânea do Espírito Santo e extremo sul da Bahia, com limites ao norte; no limite norte do banco dos Abrolhos, na Bahia; e ao sul, na divisa entre os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. A grande extensão de área de estudo definida para este diagnóstico inicial é justificada pelos grandes deslocamentos que os cetáceos são capazes de realizar (LODI et al., 2008; ZERBINI et al., 2006) e pela natureza do meio aquático, cujos contaminantes podem persistir no ambiente e se dispersar pelas correntes marítimas. Ao adentrar a cadeia trófica, esses poluentes podem ser transportados para diferentes regiões.

Para a descrição dos cetáceos na área de estudo, foram realizadas buscas por publicações em bases de dados científicos (Google Acadêmico), assim como em bibliografia especializada, referentes aos cetáceos. A pesquisa abrangeu livros, artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, teses de doutorado e dissertações de mestrado, monografias, trabalhos publicados em eventos técnicos e acadêmicos, e documentos técnicos, como relatórios de monitoramento ambiental, estudos de impactos, entre outros. Foram utilizadas combinações de palavras-chave tanto em português quanto em inglês: cetáceos (*cetacean*), mamíferos marinhos (*marine mammals*), golfinho (*dolphin*), boto, baleia (*whale*), Espírito Santo, Abrolhos, bacia de Campos (Campos *basin*) e rio Doce. Todos os trabalhos encontrados, desenvolvidos anteriormente ao dia 5 de novembro de 2015, foram analisados. Parte dos dados relevantes para o tema deste relatório é compilada e descrita a seguir.

Cabe destacar que o gênero *Sotalia* era considerado monoespecífico, com dois ecótipos, sendo um marinho e outro fluvial, ambos chamados *S. fluviatilis*. A situação taxonômica do gênero foi resolvida recentemente, com a separação em duas espécies, baseada em morfologia craniana e genética molecular, sendo a espécie marinha denominada *S. guianensis* (MONTEIRO FILHO; MONTEIRO; REIS, 2002; CUNHA et al., 2005).

Este extenso levantamento bibliográfico foi realizado mediante consultas em plataformas de periódicos nacionais e internacionais utilizando o *software* bibliométrico Publish or Perish® e em coleções museológicas por meio do sistema integrado de dados primários de coleções científicas conhecido como speciesLink. Além disso, foram consultados diferentes estudos de impactos ambientais de empreendimentos da região disponíveis na rede mundial de computadores, bem como outros desenvolvidos nas unidades de conservação existentes na bacia hidrográfica do rio Doce, com foco especial nas áreas afetadas diretamente pelo desastre.

As informações referentes à nomenclatura das espécies, nomes populares, dieta, locomoção e endemismo foram obtidas em Paglia et al. (2012). Para a classificação de cada espécie registrada na área de ocorrência deste estudo quanto ao aspecto do estado de ameaça nos diferentes âmbitos abordados (estadual, nacional e mundial), foram utilizadas as listas vermelhas de fauna ameaçada elaborada por Passamani e Mendes (2007) no Espírito Santo, COPAM (MINAS GERAIS, 2010) em Minas Gerais, além da Portaria nº 444 (BRASIL, 2014) e da lista mundial (IUCN, 2018).

Resultados

Em território nacional, ocorrem 722 espécies de mamíferos, colocando o Brasil no primeiro lugar do *ranking* dos países megadiversos do planeta (PERCEQUILLO et al., 2017). No país, as ordens com maior número de espécies ameaçadas são Carnivora e Primates, situação atribuída à necessidade de grandes áreas de vida e hábito arborícola, respectivamente (BRASIL, 2008), ressalta-se que 153 espécies são endêmicas do território brasileiro (PERCEQUILLO e GREGORIN, 2017).

Considerando os biomas, a Floresta Atlântica abriga cerca de 298 espécies de mamíferos, com elevado endemismo (90 espécies endêmicas) (PAGLIA et al., 2012), explicado em razão dos primatas, roedores e marsupiais, que, em conjunto, contribuem com 84% das espécies endêmicas da Floresta Atlântica (RYLANDS et al., 1996). A diversidade do Cerrado também é muito representativa, com 251 espécies de mamíferos (PAGLIA et al., 2012), sendo 19 delas endêmicas (DRUMMOND et al., 2009).

O estado de Minas Gerais é composto pelos dois biomas citados acima. Sua composição mastofaunística reflete a diversidade de habitats associados a esses biomas, possuindo uma elevada riqueza de espécies: são 236 espécies registradas no estado, constituindo cerca de 35% das espécies de mamíferos do país. Devido especialmente à forte pressão antrópica, com destaque para a destruição de habitat (desmatamento), muitas espécies estão ameaçadas de extinção no estado mineiro (DRUMMOND et al., 2009). Somente na região da bacia do rio Doce, foram documentadas 148 espécies, o que corresponde a cerca de 60% das espécies registradas para todo o estado (DRUMMOND et al., 2007).

Já o estado do Espírito Santo, originalmente coberto pela Floresta Atlântica, é uma das regiões com maior diversidade de espécies, sendo confirmada a ocorrência de 138 (MOREIRA et al., 2008), distribuídas em nove ordens e 29 famílias. Entre elas, 29 são endêmicas da Floresta Atlântica. Uma das

regiões em que foi realizado um grande número de levantamentos da fauna de mamíferos foi o pólo Linhares (entre Sooretama e Linhares), contrastando com a região de Colatina, descrita como pobre em observações ou estudos com mamíferos. O maior número de espécies observadas é da ordem Chiroptera, que possui 53 espécies, seguida pela ordem Rodentia, com 34 espécies.

A seguir, estão descritos os estudos obtidos para os trechos do rio Doce, aqui abordados de modo a caracterizar a mastofauna terrestre, não voadores e voadores, e descrever o conhecimento existente sobre a região. Em apêndice próprio segue a lista de espécies com probabilidade de ocorrência na área de abrangência do estudo, com informações complementares pertinentes a cada espécie, como nome popular, dieta, locomoção, endemismo e categorias ameaças nos âmbitos estaduais, nacional e mundial.

- Alto rio Doce

Para a reunião das espécies de mamíferos de pequeno, médio e grande porte com potencial de ocorrência nesta região, foi necessário compilar e analisar os estudos desenvolvidos em áreas vizinhas, com aspectos ambientais similares ao local do desastre. Dessa forma, utilizou-se como base alguns estudos desenvolvidos na RPPN Serra do Caraça (TALAMONI et al., 2014), Parque Estadual do Itacolomi (MELO et al., 2009; BIASIZZO et al., 2011; SILVA, 2013), Parque Estadual Serra de Ouro Branco e do Monumento Natural Estadual de Itatiaia, na porção sul da cadeia do Espinhaço (BRAGA; DRUMMOND; PIRES, 2016). A região aqui estudada faz parte do quadrilátero ferrífero, local com riqueza elevada de espécies, devido aos diferentes hábitats e ecossistemas associados, especialmente, o ecótono entre Floresta Atlântica e Cerrado, sendo considerada prioritária para a conservação da sua biodiversidade.

No estudo desenvolvido por Talamoni et al. (2014), na RPPN-SC, foram compiladas 70 espécies, 26 famílias e dez ordens de mamíferos por observações visuais, evidências indiretas e capturas. Desse total de espécies, 42 foram comprovadas por armadilhas, 16 registradas visualmente, quatro, encontradas mortas em estradas e outras quatro, registradas por fragmentos de ossos existentes em amostras de fezes de lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*). Entre as espécies registradas como de interesse conservacionista, seis foram enquadradas como dados deficientes (DD) e duas como quase ameaçadas (NT). A ordem Carnivora possui quatro espécies ameaçadas em nível estadual e nacional (*Chrysocyon brachyurus*, *Leopardus pardalis, Leopardus wiedii* e *Puma concolor*). Duas espécies de mamíferos estão listadas como ameaçadas para o estado mineiro: *Alouatta guariba clamitans* e *Pecari tajacu*, ambos Vulneráveis. Apenas uma espécie de pequeno mamífero, registrada neste estudo, encontra-se ameaçada de extinção (*Trinomys moojeni*), a qual possui distribuição geográfica restrita, com poucos registros para o estado mineiro. Essa espécie ocupa áreas de floresta em altitude aproximada de 1.000 m acima do nível do mar, em áreas de ecótono entre os biomas do Cerrado e Floresta Atlântica (TALAMONI et al., 2014).

O supracitado estudo foi desenvolvido com a coleta de dados primários e secundários; assim, foi compilada uma lista abrangente com os resultados obtidos nos estudos desenvolvidos em período pretérito, abordando pequenos mamíferos não voadores e voadores e animais de médio e grande porte, de forma a unificar o conhecimento sobre a biodiversidade mastofaunística dessa região. A RPPN-SC fica localizada nos municípios mineiros de Catas Altas e Santa Bárbara, vizinhos do município de Mariana, local do desastre aqui avaliado. Essa reserva está situada nas encostas da Serra do Espinhaço e tem, entre suas características ambientais relevantes, a presença de um mosaico de

vegetação, em que são registradas áreas de floresta semidecidual, Cerrado e áreas abertas, como os campos de altitude.

A Peti foi alvo de um inventário da mastofauna por Paglia et al. (2005), culminando no registro de 64 espécies, incluindo *Tamandua tetradactyla*, *Callithrix geoffroyi* e *Callicebus nigrifons*, ameaçadas de extinção. Quatro espécies registradas anteriormente nessa localidade (FONSECA, 1989; TAVARES; CESARI, 1996) não foram observadas: *Chiroderma doriae*, *Kannabateomys amblyonyx*, *Chrysocyon brachyurus* e *Puma concolor.* Também não foram registradas *Gracilinanus agilis* e *Juliomys pictipes*, coletadas em estudos anteriores. Todos os morcegos relatados em 1987 (FONSECA, 1989) foram registrados, mas, dos relatados em 1995 (TAVARES; CESARI, 1996), cinco espécies não foram coletadas: *Chiroderma doriae*, *Phyllostomus hastatus*, *Anoura geoffroyi*, *Nyctinomops laticaudatus* e *Molossus molossus*.

Outra importante região localizada na bacia do rio Doce e que possui informações importantes quanto à riqueza de mamíferos trata-se do Parque Estadual do Ibitipoca. Essa unidade de conservação localiza-se entre os municípios de Ouro Preto e Mariana, em Minas Gerais, na bacia do rio Gualaxo do Sul, afluente do rio do Carmo, e situa-se em área de ecótone entre Cerrado e Floresta Atlântica, sendo sua área composta aproximadamente por 60% de campos rupestres e o restante por florestas remanescentes da Floresta Atlântica mineira (MELO et al., 2009).

O estudo desenvolvido por Melo et al. (2009) para a elaboração do plano de manejo do PEI registrou a ocorrência de 14 espécies de pequenos mamíferos não-voadores e 29 de mamíferos de médio e grande porte. Destas, oito espécies foram consideradas ameaçadas ou quase ameaçadas de extinção em nível estadual, seis espécies, ameaçadas em nível nacional e uma, em nível mundial. Os autores registraram a ocorrência de nove espécies de mamíferos endêmicos da Floresta Atlântica, sendo eles: *Didelphis aurita*, *Philander frenata*, *Monodelphis americana*, *Marmosops incanus*, *Euryoryzomys russatus, Akodon serrensis, Thaptomys nigrita*, *Coendou spinosus* e *Callicebus nigrifrons.* Dessa forma, esse estudo registrou 17 espécies consideradas raras e/ou ameaçadas de extinção e endêmicas.

Em estudo posterior, realizado na mesma área, Biasizzo et al. (2011) registraram a ocorrência de 30 espécies de médio e grande porte, confirmando a presença de *Cerdocyon thous*, *Chrysocyon brachyurus*, *Leopardus pardalis*, *Dasypus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus.* Em um levantamento de mamíferos de médio e grande porte no quadrilátero ferrífero (SILVA, 2013), em que foram abordadas as confiabilidades dos registros de espécies em diferentes unidades de conservação, incluindo o PEI, foi registrada a ocorrência de 33 espécies para essa unidade de conservação. Dessa riqueza, dez espécies descritas pelo autor encontram-se em alguma categoria de ameaça nos âmbitos estadual, nacional ou mundial. As espécies ameaçadas são: *Chrysocyon brachyurus, Leopardus pardalis, Leopardus guttulus, Leopardus wiedii, Lontra longicaudis, Panthera onca, Puma concolor, Tapirus terrestris, Myrmecophaga tridactyla.* As espécies de carnívoros possuem diferentes tipos de ameaça antrópica, de forma direta e indireta, podendo ser destacados: caça, destruição de seus hábitats e diminuição de presas. Por exemplo, as lontras sofrem pela poluição dos cursos d'água em que vivem, bem como pela destruição dos ambientes aquáticos e consequente diminuição de seus recursos alimentares (peixes).

Conforme abordado em Melo et al. (2009), as regiões do PEI e do quadrilátero ferrífero, por possuir uma riqueza elevada de espécies e ampla diversidade de ecossistemas, foram consideradas áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade de mamíferos, no estado de Minas Gerais

(DRUMMOND et al., 2005). Entre as principais ações recomendadas, estão os inventários biológicos, demonstrando que o conhecimento sobre a biodiversidade de mamíferos da região, apesar de representativo em número de espécies registradas, necessita de mais informações.

- Médio rio Doce

Nesta região do estado mineiro, são encontradas diversas unidades de conservação, nas quais foram desenvolvidos alguns estudos com o objetivo de registrar a ocorrência de espécies de mamíferos. Uma delas em destaque é o PERD, o qual constitui o maior remanescente florestal de Floresta Atlântica em Minas Gerais e onde foram desenvolvidos alguns estudos importantes. Além dessa unidade de conservação, há a RPPN Feliciano Miguel Abdala, a RPPN Mata do Sossego e a RPPN Macedônia. A caracterização da mastofauna dessa região deu-se pela descrição dos dados presentes nos estudos desenvolvidos nessas unidades de conservação (FONSECA, 1989; STALLINGS, 1991; STALLINGS et al., 1991; SCOSS et al., 2004; PASCHOAL, 2008; FOLLY; OLIVEIRA; RIBEIRO JR, 2011; BARBOSA et al., 2013; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014; KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016) e em outras áreas particulares (fazenda Esmeralda), como também em informações presentes nos relatórios de licenciamentos ambientais dos empreendimentos existentes na região.

O PERD é a mais antiga unidade de conservação de Minas Gerais, criada em 1994 e contando com 35.976,43 ha, distribuídos entre os municípios de Marliéria, Dionísio e Timóteo, na região do vale do Aço, sendo um dos sítios de estudos e levantamentos faunísticos da região. Entre os estudos, exemplifica-se Fonseca (1989), que realizou um levantamento de pequenos mamíferos na fazenda Esmeralda, na RPPN-FMA e no PERD, com o objetivo de comparar os estágios sucessórios dentro de cada categoria de tamanho do fragmento: pequeno, médio e grande, respectivamente. Encontrou 692 indivíduos de 19 espécies, sendo oito marsupiais e 11 roedores. Entre os roedores, *Abrawayaomys ruschii* era vulnerável (MINAS GERAIS, 2010). Concluiu que áreas de florestas secundárias podem manter uma maior diversidade de pequenos mamíferos por constituir um *habitat* mais complexo do que florestas primárias; no entanto, essa conclusão não pode ser extrapolada para outros grupos.

Stallings (1991) analisou a composição faunística de pequenos mamíferos em duas áreas de plantações de eucaliptos no PERD, diferenciando as áreas entre floresta homogênea de eucalipto e floresta de eucalipto com bosque de espécies nativas. Na primeira, apenas *Oryzomys nigripes* obteve um registro, enquanto na segunda houve registro de cinco espécies de marsupiais e duas de roedores: *Didelphis aurita* (sete capturas), *Metachirus nudicaudatus* (17), *Marmosa incanus* (14), *Micoureus demerarae* (75), *Calouromys philander* (16), *Akodon cursor* (25) e *Hylaeamys megacephalus* (duas).

No levantamento mastofaunístico do PERD realizado por Stallings et al. (1991), foram catalogadas 60 espécies de mamíferos (nove ordens, 24 famílias e 49 gêneros) e suas abundâncias, sendo 20 espécies de pequenos mamíferos não voadores, 14 de quirópteros (12 gêneros e quatro famílias) e 12 de mamíferos de médio e grande porte, o que ressalta a unidade como uma das principais áreas de conservação na região do rio Doce. Dos táxons encontrados, 52,2% das espécies são terrestres, 26,1%, escansoriais e 21,7%, arborícolas, com destaque para os primatas *Callicebus personatus*, *Callithrix aurita*, um híbrido de *Callithrix* sp., *Alouatta guariba clamitans*, *Brachyteles hypoxanthus*, além de *Euphractus sexcinctus* e *Tapirus terrestris.* Esse inventário de mamíferos veio a ser complementado

por Scoss et al. (2004) e recentemente atualizado por Keesen, Nunes e Scoss (2016), totalizando 89 espécies (aumento de 48%) de mamíferos, distribuídas em dez ordens, 28 famílias e 77 gêneros, além de manter a unidade como a área de preservação de maior diversidade em Minas Gerais, seguida pela RPPN-SC (11.233 ha), com 75 espécies, situada no alto rio Doce, e a RPPN-FMA (957 ha), no médio rio Doce, com 63 espécies.

A lista atualizada do PERD (KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016) inclui 14 espécies ameaçadas em alguma categoria regional, 11 endêmicas do bioma e três de médio e grande porte, sendo o primeiro estudo a registrar *Priodontes maximus, Chrysocyon brachyurus* e *Lontra longicaudis* no parque. Assim, podem-se citar *Conepatus semistriatus*, *Lontra longicaudis*, *Chrysocyon brachyurus*, *Panthera onca*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Leopardus guttulus*, *Tapirus terrestris*, *Pecari tajacu*, *Mazama americana*, *Tamandua tetradactyla* e *Priodontes maximus* como raras e/ou ameaçadas em algum nível das listas de espécies ameaçadas de extinção.

Segundo Hirsch (2003), o PERD é o fragmento florestal de maior riqueza de primatas, na bacia hidrográfica do rio Doce, com sete espécies: *Alouatta guariba clamitans*, *Brachyteles hypoxanthus*, *Callicebus nigrifrons*, *Sapajus nigritus*, *Callithrix aurita*, *Callithrix geoffroyi* e *Callithrix penicillata*. Scoss et al. (2004) utilizaram parcelas de areia para levantamento e monitoramento da mastofauna em relação à utilização das rodovias, encontrando 16 espécies e estimando suas abundâncias. Ainda no PERD, Viana (2006 apud BARBOSA et al., 2013) colaborou para o conhecimento da mastofauna do parque com seu estudo, registrando alta abundância relativa da anta (*Tapirus terrestris*), da cutia (*Dasyprocta azarae*) e uma estimativa de 12 indivíduos (± 5,86) de onça-pintada (*Panthera onca*), uma das mais elevadas na Floresta Atlântica. Dados mais recentes indicam 4,8 indivíduos de *P. onca* para cada 100 km² (L. R. Viana, não publicado) e uma das maiores populações de anta (L. M. Scoss, não publicado), segundo Keesen, Nunes e Scoss (2016). O parque também se destaca por abrigar populações viáveis de *Brachyteles hypoxanthus*, primata criticamente ameaçado (BRITO; GRELLE; BOUBLI, 2008).

Paula (2008) cita a ocorrência de 77 espécies em nove ordens de mamíferos no PERD, sendo 16% endêmicos da Floresta Atlântica. Entre essas espécies, revela a ocorrência de *Tapirus terrestris* em densidades elevadas, além de 20 espécies de pequenos mamíferos não voadores, sendo o grupo mais estudado de toda a unidade de conservação: sete marsupiais, dos quais três espécies são endêmicas da Floresta Atlântica (*Didelphis aurita*, *Gracilinanus microtarsus* e *Marmosops incanus*), e 13 espécies de roedores, sendo *Abrawayomys ruschii* endêmica do domínio. Citando Fonseca (2001) e Fonseca e Robinson (1990), a autora comenta que as espécies de pequenos mamíferos geralmente possuem abundância intermediária no parque, com poucas espécies sendo raras ou muito abundantes, em detrimento da presença de predadores de médio porte. Dessa maneira, reafirma-se a identidade do PERD, que conta com 30% dos mamíferos da Floresta Atlântica, segundo a última lista de mamíferos do Brasil (PAGLIA et al., 2012), por incluir espécies endêmicas e ameaçadas, como uma importante área para a conservação (KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016).

Além do PERD, a RPPN-FMA, situada no município de Caratinga, destaca-se por ter um antigo histórico de conservação da fauna desde a década de 1980, com o muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) como espécie-chave (STRIER; BOUBLI, 2006). A reserva possui 857 ha e é considerada uma das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade na Floresta Atlântica, de acordo com o *Atlas para a*

conservação da biodiversidade em Minas Gerais (COSTA et al., 1998; DRUMMOND et al., 2005) e o estudo *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Floresta Atlântica e campos sulinos* (BRASIL, 2000). A RPPN-FMA integra, em conjunto com a RPPN-MS, o corredor ecológico Caratinga/ Simonésia, região considerada de importância biológica "muito alta" para a conservação da biodiversidade da Floresta Atlântica, por abrigar uma alta riqueza de espécies (PRESERVE MURIQUI, 2014).

Seu plano de manejo (PRESERVE MURIQUI, 2014) fornece informações importantes sobre a unidade de conservação em termos de diversidade da mastofauna, com 63 espécies presentes, sendo nove delas endêmicas da Floresta Atlântica. A ordem Carnivora é representada por três famílias e oito espécies e, em conjunto com a ordem Primates, representada por três famílias com quatro espécies, compõe cerca de 50% das espécies de mamíferos consideradas ameaçadas em Minas Gerais. A diversidade da mastofauna atual da reserva é representada por mamíferos como o bicho-preguiça (*Bradypus variegatus*), a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), a paca (*Cuniculus paca*), a cutia (*Dasyprocta leporina*), os tatus (*Dasypus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus*), o ouriço-cacheiro (*Coendou prehensilis*), o quati (*Nasua nasua*), a irara (*Eira barbara*) e o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*), além de cerca de 22 espécies de pequeno porte. Não imune às extinções locais e às pressões antrópicas sofridas no passado (corte seletivo, desmatamento para formação de pastagem e cultivos e incêndios), a RPPN-FMA preserva a mais densa população de primatas conhecida para o estado de Minas Gerais, com a ocorrência de quatro dos seis gêneros presentes na Floresta Atlântica: *Brachyteles hypoxanthus* (muriqui-do-norte), *Alouatta guariba clamitans* (bugio), *Sapajus nigritus* (macaco-prego) e *Callithrix flaviceps* (sagui-da-serra) (PRESERVE MURIQUI, 2014).

Paschoal (2008) registrou a ocorrência de diferentes espécies de mamíferos de médio e grande porte na RPPN-FMA e estimou a densidade e abundância da jaguatirica (*Leopardus pardalis*), um felino de médio porte (até 15 kg), ameaçado em Minas Gerais – vulnerável (MINAS GERAIS, 2010). Sua densidade foi estimada em três indivíduos (95% IC = 3-9) e a abundância, em 0,237 ind./km² (95% IC = 0,237 - 0,712) e 0,521 ind./km² (95% IC = 0,521 - 1,564). Além da jaguatirica, a autora registrou o tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), a preguiça-comum (*Bradypus variegatus*), quatro primatas, dois procionídeos, dois mustelídeos, dois felídeos e dois roedores, relatando suas respectivas abundâncias. A abundância dos felinos encontrados naquele estudo foi correlacionada com a alta densidade de primatas na reserva, com evidências de eles constituírem quase um terço (27%) da dieta da jaguatirica (BIANCHI; MENDES, 2007), predação associada à utilização do solo, principalmente do muriqui-do-norte (MOURTHÉ et al., 2007). Os felinos observados não foram considerados residentes da área, dependendo, portanto, dos outros fragmentos da região para sobrevivência.

Outra unidade de conservação presente nessa região é a RPPN-MS, localizada em Simonésia (MG) e mantida pela Fundação Biodiversitas, cujo plano de manejo (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014) evidencia sua importância para a conservação da mastofauna do médio rio Doce. Assim como a RPPN-FMA, é considerada área de alta importância biológica de acordo do *workshop Atualização do atlas de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade em Minas Gerais*, que ratificou as conclusões do *Atlas para a conservação da biodiversidade em Minas Gerais* (COSTA et al., 1998; DRUMMOND et al., 2005). Com 133,74 ha, cinco primatas ocorrem na reserva: o muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*), criticamente ameaçado (MINAS GERAIS, 2010; BRASIL, 2014);

o sagui-da-serra (*Callithrix flaviceps*), na categoria em perigo (MINAS GERAIS, 2010; BRASIL, 2014); *Alouatta guariba clamitans*, vulnerável (MINAS GERAIS, 2010; BRASIL, 2014); além do sauá (*Callicebus nigrifrons*) e do macaco-prego (*Sapajus nigritus*), quase ameaçados mundialmente (IUCN, 2018). Ao todo, são registradas 27 espécies de mamíferos, incluídas *Equus caballus*, *Bos taurus* e *Canis lupus familiaris*, espécies domesticadas e/ou exóticas. Das espécies silvestres, destaca-se a presença de três tatus (*Dasypus novemcinctus*, *Cabassous tatouay* e *Euphractus sexcinctus*), tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*), cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*); *Eira barbara*, *Lontra longicaudis*, quatro felinos e veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*).

Outras localidades, como a RPPN Fazenda Macedônia (à margem direita do rio Doce), no município de Ipaba (MG), também foram alvos de levantamentos do grupo em debate. A reserva possui 560 ha da área de florestas nativas da fazenda Macedônia, que, por sua vez, conta com cerca de 3.000 ha, sendo aproximadamente metade dessa área coberta por vegetação nativa. Nessa localidade, Folly, Oliveira e Ribeiro Jr. (2011) registraram, por meio de pegadas, pelos, fezes, arranhões e armadilha fotográfica, a ocorrência de dez espécies: *Puma concolor* (onça-parda), *Canis lupus familiaris* (cão doméstico), *Leopardus pardalis* (jaguatirica), *Leopardus guttulus* (gato-do-mato-pequeno), *Lontra longicaudis* (lontra), *Eira barbara* (irara), *Cuniculus paca* (paca), *Hydrochoerus hydrochaeris* (capivara), *Dasyprocta leporina* (cutia) e *Mazama gouazoubira* (veado-catingueiro).

O estudo de impacto da UHE Aimorés concede informações de interesse à caracterização, pelo fato de a usina abranger quatro municípios: Baixo Guandu (ES), Aimorés, Itueta e Resplendor (MG), num ponto final do médio rio Doce, a jusante do PESS, o qual não conta com registros da mastofauna, segundo o *Atlas da fauna em unidades de conservação de Minas Gerais* (IEF, 2011). A área teve ocupação intensificada na década de 1940, com o início da exploração madeireira e sua substituição por pastagens. Atualmente, atividades pecuárias (corte e leite) predominam na região do trecho final do médio rio Doce, principalmente em Aimorés.

Na caracterização do meio biótico, o relatório relata a ocorrência de 22 espécies de mamíferos, "pouco representativas em termos de diversidade", como caxinguelê ou esquilo, tapeti ou coelho-do-mato, quati, tatu-galinha, tatu-peba e barbado ou guariba. O sauá (*Callicebus personatus*) e o bugio (*Alouatta guariba clamitans*) são citados como espécies ameaçadas na região, enquanto o rato doméstico (*Rattus rattus*) é o único mamífero exótico.

Evidencia-se, assim, que o PERD e as RPPNs FMA, MS e Fazenda Macedônia constituem áreas importantes por conter populações de espécies da mastofauna raras e/ou ameaçadas em diversos âmbitos (estadual, nacional e mundial), essenciais para a conservação do trecho do médio rio Doce e da mastofauna de Minas Gerais como um todo. Nesse quesito, a área do médio rio Doce destaca-se, principalmente, pela ocorrência de espécies de primatas ameaçadas, como o muriqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*) (HIRSCH, 2003; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014; KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016); de felídeos, como o gato-do-mato-pequeno, gato-maracajá, jaguatirica, gato-mourisco, onça-parda e onça-pintada, no PERD (KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016); de mustelídeos, como a irara, lontra e furão (*Galictis* sp.), em Caratinga e Mata do Sossego (PASCHOAL, 2008; FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2014), e a jaritataca (*Conepatus* sp.), dentre outros registros, como a anta, o tatu-canastra, o tamanduá-mirim e o cateto, no PERD (KEESEN; NUNES; SCOSS, 2016).

- Baixo rio Doce

A caracterização do baixo rio Doce, trecho contido no estado do Espírito Santo, baseou-se principalmente em artigos científicos (PERACCHI & ALBUQUERQUE, 1993; CHIARELLO, 2000a, 2000b; CHIARELLO; MELO, 2001; LORENZUTTI; ALMEIDA, 2006; PEIXOTO et al., 2008; MOREIRA; MENDES, 2010; MARTINELLI; VOLPI, 2011; PERACCHI; NOGUEIRA; LIMA, 2011), mas também no plano de manejo da Flona de Goytacazes (ICMBIO, 2013b), unidade de conservação situada em Linhares, à margem do rio Doce, e no relatório de impacto da NutriPetro (2013b) referente a empreendimento de um porto no litoral de Aracruz (ES).

De maneira similar às outras regiões de Minas Gerais e no geral da Floresta Atlântica, a região do baixo rio Doce sofreu com a devastação de suas florestas. A causa dessa destruição do norte do Espírito Santo foi o desmatamento e corte seletivo das florestas, principal atividade econômica da região no início dos anos 1960 (HEINSDIJK et al., 1965). As principais e maiores áreas protegidas dessa região, a Reserva Natural Vale e a Reserva Biológica de Sooretama, localizadas em Linhares e Sooretama, respectivamente, somam cerca de 50.000 ha de floresta. A região foi alvo de diferentes atividades antropogênicas no passado, como incêndios, caça, desmatamento e corte seletivo. Apesar de interligadas, a Rebio Sooretama possui um histórico de atividades antropogênicas mais intensificado por carecer da proteção que a RNV possuía (CHIARELLO, 2000b).

As duas áreas protegidas constituem a área mais preservada da formação vegetal que engloba do norte do Rio de Janeiro até a Bahia, a Floresta de Tabuleiro, domínio da Floresta Atlântica (PEIXOTO et al., 2008). Portanto, como esperado, a área despertou o interesse de diversos pesquisadores, de fauna e flora, concentrando esses estudos na região de Linhares. Peracchi e Albuquerque (1993) apresentaram a lista de ocorrência de quirópteros em Linhares (ES) com 38 espécies. Em um novo censo, Peracchi, Nogueira e Lima (2011) revisaram a literatura de quirópteros do Espírito Santo e registraram novas espécies, totalizando 70 para o estado, ampliando a distribuição geográfica de algumas delas. Somando 50 espécies na RNV (SRBEK-ARAUJO; ROCHA; PERACCHI, 2014), elegeram a área como a mais rica em quirópteros na Floresta Atlântica.

Palma (1996) realizou um estudo de separação de nichos entre pequenos mamíferos nesse mesmo sítio. Encontrou nove espécies e dividiu-as em duas guildas (roedores frugívoros-onívoros e marsupiais insetívoros-onívoros). Mensurou 26 variáveis de micro-hábitat, fornecendo a densidade ao longo do estrato arbóreo e o peso dos indivíduos coletados. Também avaliou a dieta desses animais e ponderou sobre a diversidade conforme a fisionomia da vegetação.

Em uma escala mais abrangente, Chiarello (2000b) comparou dados de densidade de cinco espécies de mamíferos de interesse cinegético, entre alguns fragmentos do Espírito Santo de tamanho variável: Rebio Sooretama, RNV, Floresta Nacional do Rio Preto (FNRP), Rebio Córrego do Veado, Rebio Córrego Grande, M7/317 e Putiri. As cinco espécies que preencheram suas premissas (arborícolas, facilmente encontradas e com massa acima de 1 kg) foram *Guerlinguetus ingrami*, *Callithrix geoffroyi*, *Callicebus personatus*, *Sapajus robustus* e *Dasyprocta leporina*. Também realizou uma estimativa de tamanho populacional nos fragmentos florestais estudados, comparando-os com a densidade de diversas localidades da Floresta Atlântica.

Nas mesmas localidades, Chiarello (2000a) estudou a pressão de caça sobre algumas espécies de mamíferos (12) e aves (nove) por meio das taxas de encontro e registrou uma maior abundância de mamíferos na RNV, a exemplo de *Sapajus robustus*, *Dasyprocta leporina* e *Mazama* sp.; as espécies mais raras foram *Priodontes maximus*, *Cabassous tatouay*, *Tapirus terrestris* e *Tayassu pecari*. Ainda nas mesmas localidades, Chiarello e Melo (2001) estimaram a densidade e o tamanho populacional dos primatas *Alouatta guariba clamitans*, *Sapajus robustus*, *Callicebus personatus* e *Callithrix geoffroyi*. A densidade mostrou-se dentro do esperado para a Floresta Atlântica, exceto para o bugio, que se revelou raro. Listas de espécies da mastofauna de médio e grande porte publicadas recentemente (SRBEK-ARAUJO; ROCHA; PERACCHI, 2014; GATTI et al., 2017) enfatizam a importância do complexo florestal Linhares-Sooretama para a conservação dessas espécies.

Lorenzutti e Almeida (2006) identificaram o acervo de mamíferos do Museu Elias Lorenzutti, registrando 45 espécies, sendo 39 da região Norte do Espírito Santo (especialmente Linhares). O registro inclui algumas espécies localmente extintas (tamanduá-bandeira) ou confinadas em unidades de conservação (onça-pintada e tatu-canastra). Ainda, exibem uma lista de ocorrência no município de Linhares e exemplares tombados no Museu de Biologia Mello Leitão e referenciam estudos que contêm os levantamentos das espécies da região, entre eles, estudos de fauna da estação biológica de Comboios (RUSCHI, 1978), atualmente Rebio Comboios, em Sooretama (RUSCHI, 1980) e parque de reserva, refúgio e criação de animais silvestres (AGUIRRE, 1951), assim conhecida antigamente a Rebio Sooretama. Outros estudos, como Chiarello (1999, 2001) e Mendes (1995), também são referenciados, culminando numa lista que totaliza 96 espécies de mamíferos no município de Linhares.

A restinga do litoral norte do Espírito Santo manteve algumas áreas conservadas devido à sua baixa balneabilidade. Entretanto, essa característica não imunizou as restingas da substituição por ação, principalmente, da atividade pecuária e outras atividades – pesquisas geofísicas, exploração de óleo e gás natural, cultura de cacau, malha viária, desmatamento, gasodutos e oleodutos, além da infraestrutura urbana. Essas constituem algumas das interferências comprometedoras da biota na região em estudo, com exceção de algumas áreas isoladas na beira da praia, também responsáveis pela raridade das áreas remanescentes conservadas de importância para a fauna local (BELLINI et al., 1990 apud IBAMA, 1997). Assim caracterizada a área Norte do Espírito Santo, a Rebio Comboios foi alvo de levantamentos da mastofauna, principalmente por Ruschi (RUSCHI, 1953, 1978), cujos trabalhos também incluíram o levantamento de aves e répteis. Entretanto, Moreira e Mendes (2010) compilaram os registros de mamíferos na restinga do litoral do Espírito Santo, separando-os por complexos (norte, extremo norte e sul), sendo a região Norte a de interesse desta caracterização, dado que inclui Linhares e Aracruz. Esse estudo consiste em um dos mais abrangentes em termos de mastofauna no litoral do Espírito Santo. Os autores registraram 68 espécies, em 33 localidades, com os complexos norte e extremo norte sendo seguidos do complexo sul por riqueza.

Moreira e Mendes (2010) encontraram 11 espécies endêmicas da Floresta Atlântica, quatro ameaçadas de extinção pela lista brasileira (MMA, 2008) e três ameaçadas de extinção pela lista de espécies do estado do Espírito Santo (PASSAMANI; MENDES, 2007). Os autores forneceram as espécies que ocorrem por cada localidade e registraram o Parque Estadual Paulo César Vinha (Guarapari) com maior riqueza (38 espécies), seguido por Povoação (20) e Regência (12), em Linhares. Em adição,

o plano de manejo da Rebio Comboios (IBAMA, 1997) cita a ocorrência da preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*), do tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*) e do ouriço-cacheiro (*Coendou* sp.) por meio de depoimentos dos moradores da região. O fato de essas regiões serem pouco conhecidas em termos de riqueza e ao mesmo tempo dominadas pelas altas densidades humanas realça a importância das restingas para a conservação da biodiversidade (MOREIRA; MENDES, 2010).

Martinelli e Volpi (2011) realizaram um levantamento das espécies atropeladas na rodovia ES-080, na margem do rio Doce, entre 2006 e 2008. Obtiveram 55 registros de 11 espécies diferentes, sendo marsupiais e carnívoros mais abundantes: *Didelphis aurita* (40,00%), *Coendou insidiosus* (18,17%), *Cerdocyon thous* (14,54%), *Eira barbara* (5,45%), *Galictis cuja* (3,64%), *Procyon cancrivorus* (3,64%), *Sylvilagus brasiliensis* (3,64%), *Tamandua tetradactyla* (3,64%), *Dasypus novemcinctus* (1,82%), *Nasua nasua* (1,82%), *Potus flavus* (1,82%) e *Herpailurus yagouaroundi* (1,82%). Esses registros representam 7,97% das espécies ocorrentes no estado e 13,00% das espécies não voadoras.

O relatório da NutriPetro (2013b) inclui um levantamento de mamíferos em Aracruz (ES), por meio de dados primários e secundários da região de Barra do Riacho. A partir dos dados primários, registrou 16 espécies, pertencentes a 13 famílias, sete provenientes de entrevistas com moradores, sendo 14 espécies de médio e grande porte e duas de pequeno porte. Destas, quatro espécies são endêmicas da Floresta Atlântica e apenas a preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*) está ameaçada. Entre os registros, constam *Lontra longicaudis* e *Nectomys squamipes*, espécies que dependem da presença de água. Pelos dados secundários, 28 espécies de mamíferos de médio e grande porte foram registradas, sendo 12 da ordem *Carnivora*. O relatório também registra a presença de *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Dasypus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus*. De todas as espécies observadas, oito são endêmicas do bioma da Floresta Atlântica e sete são ameaçadas. Quanto à sazonalidade, dez espécies foram registradas no período chuvoso (outubro a março) e outras 22, nos dois períodos.

A Flona de Goytacazes encontra-se localizada no município de Linhares (ES). Com 1.423,96 ha, é composta por um ecossistema florestal desenvolvido sobre solo aluvial, raro e de características únicas dentro do bioma da Floresta Atlântica. Além disso, faz parte do Programa Piloto de Proteção das Florestas Tropicais, que tem, entre seus objetivos, a proteção da biodiversidade em grandes extensões pelo incremento de conexões entre as diversas áreas naturais protegidas (ICMBIO, 2013b). A mastofauna desta unidade de conservação representa 78% da mastofauna da Rebio Sooretama e da RNV, mesmo constituindo apenas 3% da área das duas somadas, porcentagem significativa pelo fato de estas serem unidades de proteção integral do estado capixaba. Mediante busca ativa, entrevistas e armadilhas fotográficas, registraram-se 43 espécies de mamíferos para a localidade. Entre os de médio e grande porte, destaca-se a presença da irara (*Eira barbara*), lontra (*Lontra longicaudis*), preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*), três espécies de tatu (*Cabassous unicinctus*, *Dasypus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus*), quatro felinos (gato-maracajá, gato-do-mato-pequeno, jaguatirica e jaguarundi), veado-mateiro (*Mazama americana*), veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*), ouriço-cacheiro (*Coendou insidiosus*), paca, capivara, além de três primatas: *Sapajus nigritus*, *Alouatta guariba clamitans* e *Callithrix geoffroyi*. Quanto aos pequenos mamíferos voadores, 16 espécies foram identificadas e sua abundância foi registrada conforme estação chuvosa ou seca (que consiste no esforço amostral do plano de manejo da Flona). *Tonatia saurophila* foi observada e é uma espécie rara, constituindo o segundo registro para o estado do Espírito Santo.

A literatura levantada para a caracterização do baixo rio Doce quanto à mastofauna mostrou grande importância em termos de biodiversidade taxonômica, principalmente no eixo da RNV e Rebio Sooretama e na Barra do Riacho. Somente na restinga do estado do Espírito Santo, 68 espécies, das quais 11 são endêmicas, foram registradas por Moreira e Mendes (2010). Linhares mostrou-se um grande epicentro da biodiversidade, com 50 espécies de morcegos apenas na RNV, tornando-a a unidade de conservação mais rica em quirópteros de toda a Floresta Atlântica (PERACCHI; NOGUEIRA; LIMA, 2011). Por fim, a Flona de Goytacazes, um importante e um dos últimos fragmentos florestais da Floresta Atlântica no estado do Espírito Santo, em conjunto com a Rebio Sooterama e a RNV, conta com 43 espécies de mamíferos, situando-se na margem do rio Doce.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados aqui levantados, tem-se que o conhecimento da biodiversidade faunística da área do estudo ainda é incipiente em grande parte da região e para todos os grupos avaliados. De forma geral, os estudos indicam que o conhecimento é distribuído de forma desigual na bacia, concentrado no interior de Unidades de Conservação ou outros tipos de reservas conservacionistas. Destacam-se a Unidade Ambiental de Peti, Estação Ecológica do Tripuí, Parque Estadual do Itacolomi, a porção sul da Serra do Espinhaço, Serra de Ouro Preto, Ouro Branco e Mariana, Serra do Caraça, Parque Estadual do Rio Doce, RPPN Feliciano Miguel Abdalla, Reserva Natural da Vale, Floresta Nacional de Goytacazes e a Reserva Biológica Sooretama.

Consignou-se a ocorrência de 103 espécies de anfíbios na bacia, cerca de 70% da riqueza conhecida no Espírito Santo e 52% da diversidade de Minas Gerais. Quanto aos répteis, há menção da ocorrência de 63 espécies, aproximadamente 56,25% da riqueza capixaba e 20,5% da riqueza mineira. A avifauna, grupo mais especioso entre os vertebrados, atingiu riqueza de 466 espécies com base nas fontes consideradas, ao passo que o número de espécies de mamíferos citados na bacia atingiu 132 espécies.

Dentro desses valores gerais de riqueza, destaca-se a ocorrência de inúmeras espécies endêmicas e ameaçadas de extinção na área de estudo, sugerindo que muitos táxons se encontravam em refúgios populacionais da maior relevância na bacia do rio Doce. É evidente que a situação atual da bacia se encontra afetada pelos diferentes processos antrópicos ocorridos de forma desordenada na região, os quais têm sido acelerados nos últimos 50 anos. Não obstante, a presença de uma série de espécies altamente sensíveis, assim como táxons de distribuição restrita, é claro indicativo de que muitos remanescentes vegetacionais da bacia do rio Doce resguardam importante parcela da biodiversidade regional e mesmo nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, L. G.; ETEROVICK, P. C. Spatial and temporal distribution of breeding anurans in streams in southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 41, n. 13-16, p. 949-963, 2007.

AGUIRRE, A. **Estudo sobre o Parque da Reserva, Refúgio e Criação de Animais Silvestres, "Sooretama", no município de Linhares, estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: MAPA, 1951.

ALMEIDA, S.; LOUZADA, J. N. C.; RIBEIRO, S. P. Comunidades de besouros de serapilheira e a sucessão natural em uma floresta estacional semidecídua. **MG.BIOTA**, v. 3, n. 6, p. 32-48, 2011.

ANTAS, P. de T. Z.; ALMEIDA, C. **Aves como bioindicadoras de qualidade ambiental**: aplicação em áreas de plantio de eucalipto. Espírito Santo: Gráfica Santonio, 2003.

ASSIS, B.; DRUMMOND, L. O.; PIRES, M. R. S. Riqueza de espécies de anfíbios anuros em duas lagoas no município de Ouro Preto, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERPETOLOGIA, 2., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2005.

AZEVEDO, A. A.; SILVEIRA, F. A. O.; AGUIAR, C. M. L.; PEREIRA, V. S. Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos Campos Rupestres da cadeia do Espinhaço e biogeografia de espécies endêmicas em Formações Campestres altimontanas do Centro-Leste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 126-157, 2008.

BAÊTA, D. et al. Primeiro registro de *Physalaemus maximus*. Feio, Pombal Jr. e Caramaschi, 1999 (Anura, Leptodactylidae) fora da localidade-tipo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERPETOLOGIA, 2., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2005.

BALESTRIN, R.L. História natural de uma taxocenose de Squamata e redescoberta de uma espécie de anuro no Escudo Sul-riograndense, Brasil. 2008. 134 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

BARBOSA, F. A. R.; LOVATO, M. B.; NASCIMENTO, A. M. A.; MAIA-BARBOSA, P. M.; MONTE-MÓR, R. L.; PAGLIA, A.; STEHMANN, J. R. Dinâmica biológica e conservação da biodiversidade da Mata Atlântica do Médio Rio Doce, MG (PELD/UFMG). In: TABARELLI, M, ROCHA, C. F. D.; ROMANOWSKI, H. P.; ROCHA, O.; LACERDA, L. D. (Eds.). **PELD-CNPq**: dez anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: achados, lições e perspectivas. Recife: Ed. Universitária da UFPE, Cap. 6, Série de Publicações PELD, 2013. p. 115-146.

BELLINI, C.; S. MARTINS; J. C. THOMÉ; L. M. MOREIRA & S. S. DE SÁ. 1990. Caracterização ambiental e mapeamento das inteferências antrópicas na regiào ecossistema Rio-Lagoa Monsarás, Povoação/ ES. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. pags. 72-84.

BENCKE, G. A.; MAURICIO, G. N.; DEVELEY, P. F.; GOERCK, J. M. (Eds.). Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica. São Paulo: SAVE Brasil, 2006.

BÉRNILS, R. S.; ALMEIDA, A. P.; GASPARINI, J. L., SRBEK-ARAUJO, A. L.; ROCHA, C. F. D.; RODRIGUES, M. T. Répteis na Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Ciência e Ambiente**, v. 49, p. 193-210, 2014.

BÉRNILS, R. S.; COSTA, H. C. (Org.). **Brazilian reptiles**: list of species version 2012.1., 2012. Disponível em: <http://www.sbherpetologia.org.br>.

BÉRNILS, R. S.; NOGUEIRA, C.; SILVA, V. X. Biota minas: diagnóstico do conhecimento de vertebrados: répteis. In: DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; GRECO, M. S.; VIEIRA, F. (Ed.). **Biota Minas**: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009, p. 252-278.

BERTOLUCI, J. Serpentes. In: MACHADO, A. B. M.; FONSECA, G. A.; AGUIAR, L. M. S.; LINS, L. V. (Ed.). **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998, p. 417-444.

BERTOLUCI, J.; CANELAS, M. A. S.; EISEMBERG, C. C.; PALMUTI, C. F. D. S.; MONTINGELLI, G. G. Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 1, p. 147-155, 2009.

BERTOLUCI, J.; LEITE, F. S.; EISEMBERG, C. C.; CANELAS, M. A. S. Description of the tadpole of Scinax luizotavioi from the Atlantic rainforest of southeastern Brazil. **Herpetol. J.**, v. 17, n. 1, p. 14-18, 2007.

BIANCHI, R. C.; MENDES, S. L. Ocelot (*Leopardus pardalis*) predation on Primates in Caratinga Biological Station, Southeast Brazil. **American Journal of Primatology**, v. 69, p. 1-6, 2007.

BIASIZZO, R. T.; MORCATTY, T. Q.; CARNEIRO, H. C. S.; EL BIZRI, H. R.; ROCHA, P. C.; DUTRA, D. B. O.; SILVA; E. S.; RODRIGUES; F. H. G. Parque Estadual do Itacolomi: levantamento da mastofauna de médio e grande porte e atualização da lista de mamíferos. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 10., 2011, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço, 2011.

BIODINÂMICA. **Estudo de impacto ambiental do terminal aquaviário de Barra do Riacho**. RT Petrobras, 2007.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. **Handbook of the birds of the world and BirdLife International digital checklist of the birds of the world**. Version 9.1, 2017. Disponível em: <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/Species/Taxonomy/BirdLife_Checklist_Version_91.zip>. Acesso em: 7 ago. 2017.

BOLDRINI, R.; PES, A.M.O.; FRANCISCHETTI, C.N.; SALLES, F.F. 2012b. New species and new records of Camelobaetidius Demoulin, 1966 (Ephemeroptera: Baetidae) from Southeastern Brazil. Zootaxa, 3526: 17-30.

BORGES-MARTINS, M. **Revisão taxonômica e sistemática filogenética do gênero *Ophiodes* Wagler, 1828 (Sauria, Anguidae, Diploglossinae)**. 1998. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BRAGA, C. A. de C.; DRUMMOND, L. de. O.; PIRES, M. R. S. Inventário de pequenos mamíferos (Rodentia E Didelphimorphia) da Serra de Ouro Branco: Porção Sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 1, p. 69-80, 2016.

BRANCO, M. B. C. **Diversidade da avifauna aquática nas represas do médio e baixo rio Tietê (SP) e no sistema de lagos do médio rio Doce (MG) e sua relação com o estado trófico e a morfometria dos ecossistemas aquáticos**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

BRASIL Decreto de 13 de outubro de 2014. Cria o Parque Nacional da Serra do Gandarela, localizado nos Municípios de Nova Lima, Raposos, Caeté, Santa Bárbara, Mariana, Ouro Preto, Itabirito e Rio Acima, Estado de Minas Gerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 out. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2014/Dsn/Dsn14013.htm>. Acesso em: 19 jul. 2017.

BRASIL **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em: 21 jul. 2017.

BRASIL Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília, DF: Conservation International do Brasil/Fundação SOS Mata Atlântica/Fundação Biodiversitas/Instituto de Pesquisas Ecológicas/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG, 2000.

BRASIL Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**, Seção 1, n. 245, p. 121-130, 18 dez. 2014.

BRITO, D.; GRELLE, C. E. V.; BOUBLI, J. P. Is the Atlantic Forest protected area network efficient in maintaining viable populations of *Brachyteles hypoxanthus*? **Biodiversity and Conservation**, v. 17, p. 3255-3268, 2008.

BROOKS, T.; TOBIAS, J. & BALMFORD, A. 1999. Deforestation and bird extinctions in the Atlantic forest. **Animal Conservation**, 2:211-222.

BROWN JR, K. S.; FREITAS, A. V. L. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 11/12, p. 71-118, 2000.

CANELAS, M. A. S.; BERTOLUCI, J. Anurans of the Serra do Caraça, southeastern Brazil: species composition and phenological patterns of calling activity. Iheringia. **Série Zoologia**, v. 97, n. 1, p. 21-26, 2007.

CARAMASCHI, U., FEIO, R. N, GUIMARÃES NETO, A. G. A new, brightly colored species of *Physalaemus* (Anura: Leptodactylidae) from Minas Gerais, Southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 59, n. 4, p. 19-524, 2003.

CARNEVALLI, N. Contribuição ao estudo da ornitofauna da Serra do Caraça, Minas Gerais. **Lundiana**, v. 1, p. 89-98, 1980.

CARNEVALLI, N. E. D.; LANNA, E. **Estudos da ornitofauna do Parque Florestal do Rio Doce - MG**. Relatório nº 2. Relatório técnico não publicado. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1981.

CARNEVALLI, N. E. D.; TONELLI, M. L. F.; VASCONCELOS-SILVA, H. H. **Estudos da ornitofauna do Parque Florestal do Rio Doce - Minas Gerais**. Relatório 1. Relatório técnico não publicado. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1978.

CARNEVALLI, N.; MACHADO, R. B.; BRANDT, A.; LAMAS, I. R.; LINS, L. V.; BARROS, L. P.; SOUZA, A. L. T. **Estudo qualitativo da avifauna da Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Ambiental de Peti – EPDA-PETI**. Belo Horizonte: UFMG-CEMIG, 1989.

CARVALHO FILHO, E. P. M.; ZORZIN, G.; CANUTO, M.; CARVALHO, C. E. A.; CARVALHO, G. D. M. Aves de rapina diurnas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **MG BIOTA**, Belo Horizonte, v. 1, n. 5, 2009.

CARVALHO JR, R. R.; GALDINO, C. A. B.; NASCIMENTO, L. B. Notes on the courtship behavior of Aplastodiscus arildae (Cruz and Peixoto, 1985) at an urban forest fragment in Southeastern Brazil (Amphibia, Anura, Hylidae). **Arq Mus Nac Rio Jan**, v. 64, n. 3, p. 247-254, 2006.

CARVALHO, C. E. S. **Ornitofauna da Reserva Biológica de Comboios**. Relatório nº 1. Rio de Janeiro: Mimeografado, 1986.

CASSIMIRO, J.; BERTOLUCI, J. Anfíbios da Estação Biológica de Caratinga: um fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 24., 2002, Itajaí. **Anais...** Itajaí, 2002b.

CASSIMIRO, J.; BERTOLUCI, J. Répteis da Estação Biológica de Caratinga: um fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 24., 2002, Itajaí. **Anais...** Itajaí, 2002a.

CASTRO, F. S. DE; GONTIJO, A. B.; DA ROCHA, W. D.; RIBEIRO, S. P. As comunidades de formigas de serapilheira nas florestas semidecíduas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. **MG.BIOTA**, v. 3, n. 5, p. 5-24, 2010/2011.

CASTRO, F. S., GONTIJO, A. B., CASTRO, P. D. T. A. & RIBEIRO, S. P. 2012. Annual and seasonal changes in the structure of litter-dwelling ant assemblages Hymenoptera: Formicidae in Atlantic semideciduous forests. **Psyche** 2012:95971

CHIARELLO, A. G. Density and Population Size of Mammals in Remnants of Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v. 14, n. 6, p. 1649-1657, 2000b.

CHIARELLO, A. G. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in South-eastern Brazil. **Biol. Cons.**, v. 89, p. 71-82, 1999.

CHIARELLO, A. G. Influência da caça ilegal sobre mamíferos das matas de tabuleiro do norte do estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 11/12, p. 229-247, 2000a.

CHIARELLO, A. G.; MELO, F. R. DE. Primate population densities and sizes in Atlantic forest remnants of northern Espirito Santo, Brazil. **International Journal of Primatology**, v. 22, n. 3, p. 379-396, 2001.

CHIARELLO. In: SEAMA. **Diagnóstico ambiental do vale da lagoa Suruaca**. Relatório não publicado, 2001.

CLAUDINO, R. M. **Como a fragmentação da Mata Atlântica no sudoeste de Minas Gerais afeta aspectos da comunidade de população e assembleia de corujas (Aves: Strigiformes)**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

CONNEL, J. H. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. **Science**, v. 199, p. 1302-1310, 1978.

COSTA, C. M. R.; HERMANN, G.; MARTINS, C. S.; LINS, L. V.; LAMAS, I. R. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para a sua conservação. Fundação Biodiversitas: Belo Horizonte, 1998.

COSTA, F. V.; MELLO, R.; LANA, T. C.; NEVES, F. D. S. Ant Fauna in megadiverse mountains: a checklist for the rocky grasslands. **Sociobiology**, v. 62, n. 2, p. 228-245, 2015.

COSTA, H. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis brasileiros: lista de espécies 2015. **Herpetologia Brasileira**, v. 4, n. 3, 2015.

CRUZ, A. J. R.; DE OLIVEIRA DRUMMOND, L.; LUCENA, V. D. et al. Lizard fauna (Squamata, Sauria) from Serra do Ouro Branco, southern Espinhaçoo Range, Minas Gerais, Brazil. **Checklist**, v. 10, n. 6, p. 1290-1299, 2014.

CRUZ, C. A. G.; PRADO, G. M.; IZECKSOHN, E. Nova espécie de *Proceratophrys* Miranda Ribeiro, 1920 da Sudeste do Brasil (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 63, n. 2, p. 289-295, 2005.

CUNHA, H. A.; SILVA, V. M. F.; LAILSON-BRITO JR, J.; SANTOS, M. C. O.; FLORES, P. A. C.; MARTIN, A. R.; AZEVEDO, A. F.; FRAGOSO, A. B. L.; ZANELATTO, R. C.; SOLE-CAVA, M. Riverine and marine ecotypes of Sotalia dolphins are different species. **Marine Biology**, v. 148, p. 449-457, 2005.

CURLETTI, G.; RIBEIRO, S. P.; MIGLIORE, L. Preliminary contribution to the knowledge of Coleoptera Buprestidae from Atlantic rainforest regions of Rio Doce and Itacolomi State Parks of Minas Gerais, Brazil. The genera Agrilus Curtis, 1825, Autarcontes Waterhouse, 1887, and GeraliusHarold, 1869. **Biodiversity Journal**, v. 4, n. 4, p. 443-450, 2013.

DEIQUES, C. H.; STAHNKE, L. F.; REINKE, M.; SCHMITT, P. **Guia ilustrado dos anfíbios e répteis do Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Brasil**. Pelotas: USEB, 2007.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; GRECO, M. B.; VIEIRA, F. (Eds). **Biota Minas**: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no estado de Minas Gerais – subsídio ao Programa Biota Minas/Minas Biota. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para sua conservação. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MENDONÇA, M. P. **Revisão das listas das espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas: Belo Horizonte, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Doce**. Relatório Final, 2007.

ESCÁRRAGA M. LATTKE J. E. & AZEVEDO C. O. 2017. Discovery of the *Dinoponera lucida* male (Hymenoptera, Formicidae), a threatened giant ant from the Atlantic rain forest. **Zootaxa**. 4347: 128-136

ESPÍRITO SANTO, N. B. de. **Assembléia de formigas do Parque Estadual do Itacolomi (MG) e relações intra e interespecíficas entre espécies dominantes**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2008.

FAGUNDES, R.; FUJACO, M. A. G.; SILVA, G. L.; ESPÍRITO-SANTO, N. B.; RIBEIRO, S. Padrão sazonal de forrageio de formigas de padrão sazonal de forrageio de formigas de solo em mata estacional semidecidual montana, Ouro Preto (Mg, Brasil). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2007.

FAGUNDES, R.; TERRA, G.; RIBEIRO, S. P.; MAJER, J. D. O Bambu Merostachys fischeriana (Bambusoideae: Bambuseae) como Habitat para Formigas de Floresta Tropical Montana. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 906-911, 2010.

FARIA, C. M. A.; RODRIGUES, M.; AMARAL, F. Q. DO; MÓDENA, É.; FERNANDES, A. M. Aves de um fragmento de Mata Atlântica no alto Rio Doce, Minas Gerais: colonização e extinção. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1217-1230, 2006.

FEIO, R. N.; SANTOS, P. S.; CARAMASCHI, U. New records of amphibians from Parque Estadual do Rio Doce, State of Minas Gerais, Brasil. **Herpetological Review**, v. 30, n. 1, 1999.

FEIO, R. N.; WIEDERHECKER, H; BRAGA, U. M. L.; SANTOS, P. S. **Anfíbios do Parque Estadual do Rio Doce**. Universidade Federal de Viçosa e Instituto Estadual de Florestas. Viçosa: Imprensa Universitária, 1998.

FERNANDES, D. S.; FRANCO, F. L.; FERNANDES, R. Systematic revision of the genus *Lachesis* Daudin, 1803 (Serpentes, Viperidae). **Herpetologica**, Lawrence, v. 60, n. 2, p. 245-260, 2004.

FOLLY, H. S. G.; OLIVEIRA, S. F.; RIBEIRO JR, C. Levantamento de mamíferos terrestres por métodos não invasivos na RPPN Fazenda Macedônia - MG. In: SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2011, Coronel Fabriciano-MG. **Anais...** Coronel Fabriciano-MG: Unileste MG, 2011.

Fonseca, G.A.B., Robinson, J.G., 1990. Forest size and structure: competitive and predatory e□ects on small mammal communities. Biological Conservation 53, 265±294.

FONSECA, G. A. B. Small mammal species diversity in Brazilian tropical primary and secondary forests of different sizes. **Revta Bras. Zool.**, v. 6, n. 3, p. 381-422, 1989.

FORRESTER, B. C. **Birding Brazil**: a checklist and site guide. Irvine: John Geddes, 1993.

FRANCISCHETTI, C. N. **Ephemeroptera (Insecta) do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil**: biodiversidade e distribuição espacial. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FRANCISCHETTI, C. N.; SALLES, F. F.; DIAS, L. G.; DA-SILVA, E. R. Fauna de Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2243, 2015.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Plano de Manejo da Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Sossego**: RPPN Mata do Sossego. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/rppn_mata_sossego_pm.pdf>. Acessado em: 17 jul. 2017.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Plano de manejo da estação ecológica do Tripuí - Ouro Preto - MG**. Belo Horizonte, Minas Gerais, 1995. 1 v.

GARCIA, P.C.A; LAVILLA, E.; LANGONE, J.; SEGALLA, M.V. Anfibios da região subtropical da América do Sul, padrões de distribuição. **Ciência; Ambiente,** v.1, p. 65-100. 2007.

GASPARINI, J. L.; SAZIMA, I. A stranded melon-headed whale, *Peponocephala electra*, in southeastern Brazil, with coments on wounds from the cookiecutter shark, *Isistius brasiliensis*. **Marine Mammal Science**, v. 12, n. 2, p. 8-312, 1996.

GATTI, A.; FERREIRA, P. M.; CUNHA, C. J.; SEIBERT, J. B.; MOREIRA, D.O. Medium and large-bodied mammals of the Private Reserve of Natural Heritage Recanto das Antas, in Espírito Santo, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 21, n. 2, p. 171-181, 2017.

Giaretta, A.A. & K.G. Facure. 2004. Reproductive ecology and behavior of Thoropa miliaris (Spix, 1824) (Anura, Leptodactylidae, Telmatobiinae). Biota Neotropica, 4:1-10.

Giasson, L. O. M., Kunz, T. S., Ghizoni-jr, I. R. 2011. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Melanophryniscus spectabilis* Caramaschi and Cruz, 2002: Distribution extension and geographic distribution map. *Check List* 7 (5): 641-644.

HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F.; PRADO, C. P. A. **Anfíbios da Mata Atlântica**: guia dos anfíbios anuros da Mata Atlântica. São Paulo: Editora Neotropica, 2008.

HEDGES, S. B.; W.E. DUELLMAN & M.P. HEINICKE. 2008. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. Zootaxa 1737:1-182.

HEINSDIJK, D., MACEDO, J. G. DE, ANDEL, S. & ASCOLY, R. B. 1965. **A Floresta do Norte do Espírito Santo.** Departamento de Recursos Naturais Renováveis – Divisão de Silvicultura, Seção de Pesquisas Florestais, Rio de Janeiro.

HIRSCH, A. **Avaliação da Fragmentação do Habitat e Seleção de Áreas Prioritárias para a Conservação de Primatas na Bacia do Rio Doce, Minas Gerais, através da aplicação de um Sistema de Informações Geográficas**. 2003. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

HIRSCH, A; OLIVEIRA, L.; CÂMERA, E.; PASCHOAL, A.; ALVARENGA, R.; BALARMINO, M. *Callithrix geoffroyi* (primates: callitrichidae) and *alouatta caraya* (primates: atelidae) in the Serra do Cipó National Park, Minas Gerais, Brazil. **Neotropical Primates**, v. 11, n. 2, p. 86-89, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Plano de Manejo da Reserva Biológica Augusto Ruschi**: fase 1. Ibama. 1995. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_augusto-ruschi.pdf>.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Plano de Manejo da Reserva Biológica de Comboios**: fase 1. Ibama, 1997. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/rebio_comboios.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2017.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Goytacazes, Espírito Santo**. Volume I – Diagnóstico. Brasília, DF: 2013b.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **APA SUL RMBH**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/fiscalizacao> Acesso em: 31 ago. 2017e.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Atlas da fauna em unidades de conservação do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: IEF, 2011. 1 v.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Banco de Dados de Unidades de Conservação Estaduais**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/banco-de-dados-de-unidades-de-conservacao-estaduais>. Acesso em: 20 jul. 2017b.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Conselho Consultivo Parque Estadual Sete Salões**. IEF, 2013. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/conselhoconsultivo/divulgacao-conselho-saloes.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **IEF realiza consulta pública sobre criação do Monumento Natural Estadual Pico do Ibituruna**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/1337-ief-realiza-consulta-publica-sobre-criacao-do-monumento-natural-estadual-pico-do-ibituruna->. Acesso em: 20 jul. 2017d.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Parque Estadual do Rio Doce**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>. Acesso em: 17 jul. 2017a.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Parque Estadual Serra do Ouro Branco**: plano de manejo. Encarte 1. Diagnóstico. Belo Horizonte: IEF, 2017f.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Parque Estadual Sete Salões**. Disponível em:<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/214>. Acesso em: 20 jul. 2017c.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce**. Unidade de conservação e Zona de amortecimento. Encarte 4. Belo Horizonte: IEF, 2001.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IEMA). **APA Setiba**. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/APA_Setiba>. Acesso em: 1 set. 2017a.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2018-1. IUCN, 2018. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 7 de ago. 2018.

KEESEN, F.; NUNES, A. V.; SCOSS, L. M. Updated list of mammals of Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 38, n. 2, p. 139-162, 2016.

LEITE, F. S. F.; JUNCÁ, F. A.; ETEROVICK, P. C. Status do conhecimento, endemismo e conservação de anfíbios anuros da Serra do Espinhaço, Brasil. **Megadiv**, v. 4, n. 1-2, p. 158-176, 2008.

LODI, L.; WEDEKIN, L. L.; ROSSI-SANTOS, M. R.; MARCONDES, M. C. Movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Rio de Janeiro state, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 205-209, 2008.

LORENZUTTI, R.; ALMEIDA, A. D. P. A coleção de mamíferos do Museu Elias Lorenzutti em Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 19, p. 59-74, 2006.

LOURENÇO, A. C. C.; NASCIMENTO, L. B.; PIRES, M. R. S. A new species of *Scinax catharinae* species group (Anura: Hylidae) from Minas Gerais, Southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 65, n. 4, p. 468-479, 2009.

LOURES-RIBEIRO, A.; MANHÃES, M. A.; DIAS, M. M. et al. Aves de sub-bosque de uma área de Mata Atlântica de baixada do sudeste do Brasil. **Ornithologia**, v. 4, p. 76-85, 2011.

MACHADO, R. B. **Padrão de fragmentação da Mata Atlântica em três municípios da bacia do rio Doce (Minas Gerais) e suas conseqüências para a avifauna**. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

MACHADO, R. B.; FONSECA, G. A. B. The Avifauna of Rio Doce Valley, Southeastern Brazil, a highly fragmented area. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 914, 2000.

MAGALHÃES, A. P. **Composição e diversidade da anurofauna de serapilheira da Serra do Ouro Branco, Minas Gerais**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MAGALHÃES, O. et al. Ocorrência de *Luetkenotyphlus brasiliensis* (Lütken, 1851) (Amphibia, Gymnophiona, Caeciliidae) em Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERPETOLOGIA, 1., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2004.

MARTINELLI, M. M.; VOLPI, T. A. Mamíferos atropelados na Rodovia Armando Martinelli (ES-080), Espírito Santo, Brasil. **Natureza online**, v. 9, n. 3, p. 113-116, 2011.

MARTINS, C.; SILVEIRA, R. A.; NASCIMENTO, N. de. O.; ANTONINI, Y. Fauna de abelhas de campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **MG.BIOTA**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 21-34, 2012.

MARTINS, M. E.; MOLINA, F. B. Panorama geral dos répteis ameaçados do Brasil. MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, DF: mmA, 2008.

MATTOS, G. T.; ANDRADE, M. A.; FREITAS, M. V. **Nova lista de aves do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Acangaú, 1993.

MELO, F. R.; OLIVEIRA, Á. F.; SOUZA, S. M.; FERRAZ, D. S. A fauna de mamíferos e o plano de manejo do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto, Minas Gerais. **MG.BIOTA**, Belo Horizonte, v. 1, n. 6, 2009.

MENDES, S. L. Importância dos remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo para a conservação de primatas. **Cadernos de Pesquisa UFES**, v. 4, p. 1-14, 1995.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 147, de 30 de abril de 2010. Aprova a lista de espécies ameaçadas de extinção da fauna do Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 4 maio 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Eds.). 1. ed. Brasília, DF: mmA (Biodiversidade 19), 2 volumes, 2008.

MONTEIRO FILHO, E. L. A.; OLIVEIRA, L. V.; MONTEIRO, K. D. K. A.; FILLA, G. F.; QUITO, L.; GODOY, D. F. **Guia ilustrado de mamíferos marinhos do Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas de Cananéia (IPeC), 2013.

MOREIRA, D. O.; COUTINHO, B. R.; MENDES, S.L. O status do conhecimento sobre a fauna de mamíferos do Espírito Santo baseado em registros de museus e literatura científica. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 163-173, 2008.

MOREIRA, D. O.; MENDES, S. L. Diversidade de mamíferos em ecossistemas costeiros do estado do Espírito Santo. In: PESSÔA, L. M.; TAVARES, W. C.; SICILIANO, S. (Eds.). Mamíferos de restingas e manguezais do Brasil. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, 2010. p. 59-74.

MOURTHÉ, I. M. C.; GUEDES, D.; FIDELIS, J.; BOUBLI, J. P.; MENDES, S.; STRIER, K. B. Ground Use by Northern Muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*). **American Journal of Primatology**, v. 69, p. 706-712, 2007.

NASCIMENTO, G. K. **Inventariamento da herpetofauna da estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental de Peti – EPDA-Peti, município de São Gonçalo do Rio Abaixo, Minas Gerais**. Belo Horizonte: Cemig. 1988.

NASCIMENTO, J.M.C., SALLES, F.F., 2013. New species of Hermanella complex (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) from Brazilian Atlantic forest. Zootaxa 3718, 1–27.

NEMÉSIO, A. Preliminary sampling of Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) of Reserva Particular do Patrimônio Natural "Feliciano Miguel Abdala", Caratinga, Minas Gerais, southeastern Brazil. **Lundiana**, v. 4, n. 2, p. 121-124, 2003.

NEMÉSIO, A.; PAULA, I. R. C. The orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) of 'RPPN Feliciano Miguel Abdala' revisited: relevant changes in community composition. **Braz. J. Biol.**, v. 73, n. 3, p. 515-520, 2013.

NEMÉSIO, A.; SILVEIRA, F. A. Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic Rain Forest in southeastern Brazil. **Neotropical entomology**, v. 35, n. 3, p. 313-323, 2006.

NEVES, F. S. **Efeito da estrutura de habitat sobre insetos herbívoros associados ao dossel**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

NOGUEIRA, T. A. **Análise da diversidade e efeito de borda na assembléia de borboletas frugívoras da Reserva Biológica de Sooretama – ES**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2012.

NUTRIPETRO. **Terminal Portuário de Uso Múltiplo da Nutripetro**: Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Nutripreto, 2013b.

OLIVEIRA, I. S.; WIELOCH, A. H. *Macroperipatus machadoi* sp. n. (Onychophora: Peripatidae) da Floresta Atlântica de Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, 6(supplement), p. 61-66, 2005.

PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; HERRMANN, G.; AGUIAR, L. M. S.; CHIARELLO, A. G.; LEITE, Y. L. R.; COSTA, L. P.; SICILIANO, S.; KIERULFF, M. C. M.; MENDES, S. L.; TAVARES, V.; MITTERMEIER, R. A.; PATTON, J. L. Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2. ed. **Occasional Papers in Conversation Biology**, Arlington, VA, n. 6, 2012.

PAGLIA, A. P.; LOPES, M. O. G.; PERINI, F. A.; CUNHA, H. M. Mammals of the Estação de Preservação e Desenvolvimento Ambiental de Peti (EPDA-Peti), São Gonçalo do Rio Abaixo, Minas Gerais, Brazil. **Lundiana**, v. 6, p. 89-96, 2005.

PALMA, A. R. T. **Separação de nichos entre pequenos mamíferos de Mata Atlântica**. 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

PAOLUCCI, L. N., SOLAR R. R. C., SOBRINO T. G, SPERBER C. F. & SCHOEREDER, J. H. 2012. How does small-scale fragmentation affect litter-dwelling ants? The role of isolation. **Biodiversity and Conservation** 21: 3095-3105

PASCHOAL, A. M. O. **Fragmentos de Mata Atlântica e a liberação de mesopredadores**: estudo de caso na RPPN Miguel Feliciano Abdala, Caratinga, MG. 2008. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PASSAMANI, M.; MENDES, S. L. **Espécies da fauna ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo**. Vitória: Instituto de Pesquisas da Mata Altântica, 2007.

PAULA, J. L. de. **Diversidade morfométrica de quatro espécies de marsupiais do Parque Estadual do Rio Doce e seu entorno (Minas Gerais)**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

PEDRALLI, G.; GUIMARÃES NETO, A. S.; TEIXEIRA, M. C. B. Diversidade de anfíbios na região de Ouro Preto. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 178, p. 70-73, 2001.

PEIXOTO, A. L.; SILVA, I. M.; PEREIRA, O. J.; SIMONELLI, M.; JESUS, R. M.; ROLIM, S. G. Tabuleiro Forests North of Rio Doce: their representation in the Vale do Rio Doce Natural Reserve, Espirito Santo, Brazil. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 100, p. 319-350, 2008.

PELLENS, R.; GARAY, I. A comunidade de macroartrópodos edáficos em uma plantação de *Coffea robusta* Unden (Rubiaceae) e em uma floresta primária em Unhares, Espírito Santo, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, v. 16, n. 1, p. 245-258, 1999.

PERACCHI, A. L.; ALBUQUERQUE, S. T. Quiropteros do município de Linhares, estado do Espirito Santo, Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Rev. Bras. Biol.**, v. 53, n. 4, p. 575-581, 1993.

PERACCHI, A. L.; NOGUEIRA, M. R; LIMA, I. P. Novos achegos à lista dos quirópteros do município de Linhares, estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Chiroptera Neotropical**, v. 17, n. 1, 2011.

PERCEQUILLO AR,GREGORIN R 2018. Mammalia in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/64>. Acesso em: 26 Ago. 2018

PIACENTINI, V. Q.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; MAURICIO, G. N.; PACHECO, J. F.; BRAVO, G. A.; BRITO, G. R. R.; NAKA, L. N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; SILVEIRA, L. F.; BETINI, G. S.; CARRANO, E.; FRANZ, I.; LEES, A.C.; LIMA, L. M.; PIOLI, D.; SCHUNCK, F.; AMARAL, F. R.; BENCKE, G. A.; COHN-HAFT, M.; FIGUEIREDO, L. F. A.; STRAUBE, F. C.; CESARI, E. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, n. 2, p. 91-298, 2015.

PIRANI, R. M.; NASCIMENTO, L. B.; FEIO, R. N. Anurans in a forest remnant in the transition zone between cerrado and atlantic rain forest domains in southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 3, p. 1093-1104, 2013.

PRESERVE MURIQUI. **Plano de Manejo da RPPN Feliciano Miguel Abdala**. Preserve Muriqui, 2014.

PROSUL. (2016). Estudo de Impacto Ambiental para regularização e duplicação da rodovia BR-262/MG. Trecho: Entr. BR-381, João Monlevade/MG, divisa MG/ES, Martins Soares/MG. 217p.

RAMOS, A. D.; GASPARINI, J. L. **Anfíbios do Goiapaba-Açu, Fundão, estado do Espírito Santo**. Vitória: Gráfica Santo Antônio, 2004.

REYNAUD, C. C.; HIERT, C.; BALESTRIN, R. L.; & MIRANDA, J. M. D.. 2018. *Melanophryniscus spectabilis* Caramaschi and Cruz, 2002 (Amphibia, Anura, Bufonidae): Northern distribution extension of a rare microendemic species. Herpetology Notes, volume 11: 593-597.

REZENDE, H. R.; VIRGENS, T. M. DAS.; LIBERATO, M. A.; VALENTE, F. I.; FERNANDES, A.; URBINATTI, P. R. Aspectos ecológicos de culicídeos imaturos em larvitrampas de floresta e ambiente antrópico adjacente no município de Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 385-391, 2011.

RIBEIRO, ALAN LOURES. Comunidades de aves de uma área do Médio Rio Doce, Minas Gerais, sudeste do Brasil. 2008. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

RIEVERS, C. R. **Anfíbios anuros de serrapilheira do Parque Estadual do Rio Doce**: resposta à disponibilidade de recursos e aos fatores climáticos. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

RIEVERS, C. R.; PIRES, M. R. S.; ETEROVICK, P. C. Habitat, food, and climate affecting leaf litter anuran assemblages inan Atlantic Forest remnant. **Acta Oecologica**, v. 58, p. 12-21, 2014.

Rödder, D.; Solé, M.; Böhme, W. Predicting the potential distributions of two alien invasive Housegeckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus, Hemidactylus mabouia*). **North-western Journal of Zoology**, v. 4, n. 2, p. 236-246, 2008.

RODRIGUES, R.; ALBUQUERQUE, P. L. DE; SANTANA, J. D.; LARANJEIRAS, D. O.; PROTÁZIO, A. S.; FRANÇA, F. G. R.; MESQUITA, D. O. Record of the occurrence of *Lachesis muta* (Serpentes, Viperidae) in an Atlantic Forest fragment in Paraíba, Brazil, with comments on the species' preservation status. **Biotemas**, v. 26, n. 2, p. 283-286, 2013.

RUSCHI, A. A fauna e flora da Estação Biológica de Sooretama. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 98, p. 1-24, 1980.

RUSCHI, A. Algumas áreas de endemismo e relictos de fauna e flora espírito-santense. **Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão**, n. 110, Série Zoologia, 1984.

RUSCHI, A. As reservas biológicas do estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Comemorativo do XXX aniversário de sua fundação, p. 158-191, 1979.

RUSCHI, A. Atual fauna de mamíferos, aves e répteis da Reserva Biológica de Comboios. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Prot. 16a, p. 1-45, 1978.

RUSCHI, A. Lista atual das aves do estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Série Zool., v. 28, p. 1-45, 1967.

RUSCHI, A. Lista das aves do estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Série Zool., v. 11, p. 1-21, 1953.

RUSCHI, A. Uma nova espécie de beija-flor do E. E. Santo. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, Série Zool., n. 36, 1973.

RUSCHI, P. A.; SIMON, J. E. Hummingbirds of Santa Teresa, State of Espírito Santo, Southeastern Brazil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 29, p. 31-52, 2012.

RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B.; LEITE, Y. L.; MITTERMEIER, R. A. Primates of the Atlantic forest, origin, distributions, endemism, and communities. In: NORCONK, P. (Ed.). **Adaptive radiations of neotropical primates**. New York: Plenun Press, 1996. p. 21-51.

SABINO, W. O.; FERREIRA, R. de P.; ANTONINI, Y. A apifauna do Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto, Minas Gerais. **MG.BIOTA**, v. 3, n. 6, p. 19-25, 2011.

SALES, S. C. M. **Avaliação ecotoxicológica de impactos da contaminação por metais e arsênio em áreas de mineração e beneficiamento de ouro em Minas Gerais**. 2013. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SALLES, F. F.; NASCIMENTO, J. M. C. DO; MASSARIOL, F. C. et al. Primeiro levantamento da fauna de Ephemeroptera (Insecta) do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 1, p. 293-307, 2010.

SANTO, N. B. E.; RIBEIRO, S. P. Invasões biológicas de dossel: *Linepithema humile* Mayr 1868 (Hymenoptera, Formicidae): um desastre silencioso. **MG.BIOTA**, Belo Horizonte, v. 3, n. 5, 2010/2011.

SANTOS-JÚNIOR J. E., SANTOS F. R., SILVEIRA F. A. 2018. Hitting an Unintended Target: Phylogeography of *Bombus brasiliensis* Lepeletier, 1836 and the First New Brazilian Bumblebee Species in a Century (Hymenoptera: Apidae). **Plos One**.

SANTUÁRIO DO CARAÇA. Província Brasileira da Congregação da Missão. Associação de RPPN e Reservas Privadas de Minas Gerais. **Plano de Manejo da RPPN "Santuário do Caraça"**. Santa Bárbara: Santuário da Caraça, 2013.

SÃO PEDRO, V. A. **Composição, ocupação ambiental e sazonalidade dos anfíbios anuros da Serra do Ouro Branco, Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SÃO PEDRO, V. A.; FEIO, R. N. Anuran species composition from Serra do Ouro Branco, southernmost Espinhaço Mountain Range, state of Minas Gerais, Brazil. **Checklist**, v. 7, n. 5, 2011.

SÃO PEDRO, V. A.; FEIO, R. N. Distribuição espacial e sazonal de anuros em três ambientes na Serra do Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 143-154, 2010.

SÃO PEDRO, V. A.; PIRES, M. R. S. As serpentes da região de Ouro Branco, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 166-171, 2009.

SCHIFFLER, G.; SCHIFFLER, G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. et al. Scarabaeidae s.str. (Coleoptera) do Delta do Rio Doce e Vale do Suruaca no Município de Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 2, p. 205-211, 2003.

SCOSS, L. M.; DE MARCO JÚNIOR, P.; SILVA, E.; MARTINS, S. V. Sand-Plot use for monitoring road impact on mammal species richness. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 121-127, 2004.

SEGALLA, M. V.; CARAMASCHI, U.; CRUZ, C. A. G.; GRANT, T.; HADDAD, C. F. B.; GARCIA, P. C. A.; BERNECK, B. V. M.; LANGONE, J. Brazilian amphibians: list of species. **Herpetologia Brasileira**, v. 5, n. 2, p. 34-46, 2016.

SERPA, G. A.; OLMOS, F.; GUSSONI, C. O. A. et al. As aves do SESC Praia Formosa, Aracruz, Espírito Santo: observações durante o XVII Congresso Brasileiro de Ornitologia. **Atualidades Ornitológicas**, v. 151, p. 39-52, 2009.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SIGRIST, T. **Avifauna brasileira**: guia de campo Avis Brasilis. São Paulo: Avis Brasilis, 2009. 1080 p. 2 v.

SILVA, A. R. M.; GUIMARÃES, M. P. M.; VITALINO, R. F.; BAGNI, Â. S.; MARTINS, Y. E.; CORDEIRO, A. M.; DE OLIVEIRA, E. V. Borboletas frugívoras do Parque Estadual do Rio Doce/MG. **MG.BIOTA**, v. 3, n. 4, p. 5-21, 2010.

SILVA, E. S. da. **Importância do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) para a conservação de mamíferos de médio e grande porte**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SILVANO, D. L.; SEGALLA, M. V. Conservação de anfíbios no Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, p. 80-88, 2005.

SILVEIRA, AL.; PIRES, MRS.; & COTTA, GA.. (2004a). Composição faunística de Serpentes da região de Ouro Preto, Mariana e Itabirito, Minas Gerais, Brasil. In: XXV Congresso Brasileiro de Zoologia, Brasília. Resumos, UnB. p. 389.

SIMON, J. E. et al. A avifauna do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. Revista Árvore, v. 23, n. 1, p. 33-48, 1999.

SIMON, J. E. A lista das aves do estado do Espírito Santo. In: SIMON, J. E.; RAPOSO, M. A.; STOPIGLIA, R.; PERES, J. (Orgs.). **Livro de resumos do XVII Congresso Brasileiro de Ornitologia**. TEC ART. Editora: São Paulo, 2009. p. LV-LXXXVIII.

SOARES, J. P. **Estudo da relação entre as características abióticas e bióticas na compartimentação de comunidades ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce/MG com base na geomorfologia e na interação inseto-planta**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Outro Preto, Ouro Preto, 2006.

SOUZA, C. F. DE; QUARESMA, P. F.; ANDRADE FILHO, J. D.; BEVILACQUA, P. D. Phlebotomine fauna in the urban area of Timóteo, State of Minas Gerais, Brazil. **Acta Tropica**, v. 134, n. 1, p. 72-79, 2014.

SOUZA, A. M.; CONDÉ, R.; ORSINI, V. Levantamento da herpetofauna em área antropizada situada na zona de amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, MG. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço, 2009.

SOUZA, M. M. de; PIRES, E. P.; FERREIRA, M.; LADEIRA, T. E.; PEREIRA, M.; ELPINO-CAMPOS, Á.; ZANUNCIO, J. C. Biodiversidade de vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **MG.BIOTA**, v. 5, n. 1, p. 4-19, 2012.

SOUZA, M.R. ; SALLES F.F. ; NESSIMIAN, J.L. Three new species of Baetodes Needham & Murphy (Ephemeroptera: Baetidae) from the Espírito Santo State. **Aquatic Insects** (Print), v. 33, p. 93-104, 2011

SRBEK-ARAUJO, A. C.; ROCHA, M. F.; PERACCHI, A. L. A Mastofauna da Reserva Natural Vale, Linhares, Espirito Santo, Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 49, p. 153-167, 2014.

STALLINGS, J. R. The importance of understorey on wildlife in a brazilian eucaplypt plantation. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 7, n. 3, p. 267-276, 1991.

STALLINGS, J. R.; DA FONSECA, G. A. B.; PINTO, L. P. DE S.; AGUIAR, L. M. DE S.; SÁBADO, E. L. Mamíferos do Parque Florestal Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 7, n. 4, p. 663-677, 1991.

STOTZ, D. F.; FITZPATRICK, J. W.; PARKER III, T. A.; MOSKOVITS, D. K. **Neotropical birds**: ecology and conservation. University of Chicago Press, Chicago, 1996.

STRIER, K. B.; BOUBLI, J. P. A history of long-term research and conservation of northern muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*) at the Estação Biológica de Caratinga/RPPN-FMA. **Primate Conservation**, v. 20, p. 53-63, 2006.

TALAMONI, S. A.; AMARO, B. D.; CORDEIRO-JÚNIOR, D. A.; CARLOS EDUARDO, M.; MACIEL, A. Mammals of Reserva Particular do Patrimônio natural Santuário do Caraça, state of Minas Gerais, Brazil. **Checklist**, v. 10, n. 5, p. 1005-1013, 2014.

TANQUE, R. L. do. **Pimplinae, Poemeniinae e Rhyssinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) na unidade ambiental de Peti (CEMIG), Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TAVARES, V. C.; CESARI, A. Observações sobre a comunidade de quirópteros da Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Ambiental de PETI (EPDA/PETI), leste de MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 21., 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1996. p. 236-237.

UETZ, P.; HOŠEK, J. (Eds.). **The Reptile Database**. 2017. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>. Acesso em: 9 jul. 2017.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Biosphere Reserve Information**. UNESCO, 2005. Disponível em <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=all&code=BRA+06>. Acessado em: 8 ago. 2017.

URAMOTO, K. **Diversidade de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomares comerciais de papaia em áreas remanescentes da Mata Atlântica e suas plantas hospedeiras nativas, no município de Linhares, Espírito Santo**. 2007. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

VARASSIN, I. G.,& SAZIMA M.. 2012. Spatial heterogeneity and the distribution of bromeliad pollinators in the Atlantic Forest. **Acta Oecologica**. 43: 104-112

VASCONCELOS, M. F. de. **RPPN – Avifauna**. Santa Bárbara: Santuário da Caraça, 2017. Disponível em: <http://www.santuariodocaraca.com.br/rppn-o-que-e/rppn-avifauna>. Acesso em: 25 ago. 2017.

VASCONCELOS, M. F. de; LOPES, L. E.; HOFFMAN, D. Dieta e comportamento de forrageamento de *Oreophylax moreirae* (Aves: Furnariidae) na Serra do Caraça, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 3, p. 439-442, 2007.

VASCONCELOS, M. F. de; RODRIGUES, M. Patterns of geographic distribution and conservation of the open-habitat avifauna of southeastern Brazilian mountaintops (campos rupestres and campos de altitude). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 50, n. 1, p. 1-29, 2010.

VASCONCELOS, M. F. de; VASCONCELOS, A. P.; VIANA, P. L.; PALÚ, J.; SILVA, J. F. Observações sobre aves granívoras (Columbidae e Emberizidae) associadas à frutificação de taquaras (Poaceae,

Bambusoideae) na porção meridional da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, v. 6, n. 1, p. 75-77, 2005.

VASCONCELOS, M. F. de; VASCONCELOS, P. N.; MAURÍCIO, G. N.; MATRANGOLO, C. A. R.; DELL' AMORE, C. M.; NEMÉSIO, A.; FERREIRA, J. C.; ENDRIGO, E. Novos registros ornitológicos para a Serra do Caraça, Brasil, com comentários sobre distribuição geográfica de algumas espécies. **Lundiana**, v. 4, n. 2, p. 135-139, 2003.

VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do leste do Brasil? Revista Brasileira de Botânica, 34, 241-246. 2011.

VASCONCELOS, M. F.; MELO JR, T. A. An ornithological survey of Serra do Caraça, Minas Gerais, Brazil. **Cotinga**, n. 15, p. 21-31, 2001.

Vaz-Silva, W.; Balestrin, R. L.; Di-Bernardo, M. (2008). Rediscovery of Melanophryniscus pachyrhynus (Miranda-Ribeiro, 1920) (Amphibia: Anura: Bufonidae) in Southern Brazil, with addenda to species redescription. Zootaxa.

VIEIRA, F. **A ictiofauna do rio Santo Antônio, bacia do rio Doce, MG**: proposta de conservação. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M. P.; PIZZORNO, J. L.; MAIA, Y. G.; VANBLARICOM, G. R.; DEMASTER, D. P.; SIMÕES-LOPES, P. C.; MOREIRA, S.; BETHLEM, C. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 313, p. 295-304, 2006.

ZORZIN, G.; CANUTO, M.; CARVALHO FILHO, E. P. de.; CARVALHO, C. E. A. Aves de rapina noturnas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **MG BIOTA**, v. 1, n. 5, 2008/2009.

APÊNDICE J – LISTAS DE ESPÉCIES DOS GRUPOS FAUNÍSTICOS

Tabela 50 – Lista de táxons de anfíbios e répteis com potencialidade de ocorrência na área de abrangência do estudo em Minas Gerais e Espírito Santo com descrição dos táxons e nome popular (***sensu*** SBH, 2015; 2016), endemismo (***sensu*** HADDAD et al., 2008; DEIQUES et al., 2007) e estado de conservação nos estados de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010) e Espírito Santo (PASSAMANI & MENDES, 2007), e nos âmbitos nacional (BRASIL, 2014) e mundial (IUCN, 2018).

Legenda. DD, Data Deficient (dados insuficientes); NT, Near Threatened (quase ameaçado); VU, Vulnerável; EN, Em Perigo; CR, Criticamente Em Perigo; RE, regionalmente extinto.

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
ORDEM ANURA								
Família Brachycephalidae								
Ischnocnema aff. *guentheri*	rã-do-folhiço						-	-
Ischnocnema guentheri (Steindachner, 1864)	rã-do-folhiço		-	-	-	-	florestal	terrestre
Ischnocnema aff. holti	rã-do-folhiço			-	-	-	-	-
Ischnocnema izecksohni (Caramaschi & Kisteumacher, 1989 “1988”)	rã-do-folhiço		-	-	-	DD	florestal	terrestre
Ischnocnema juipoca (Sazima & Cardoso, 1978)	rãzinha-do-folhiço		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Ischnocnema gr. *lactea*	rã-do-folhiço			-	-	-	-	-
Ischnocnema oea (Heyer, 1984)	rã-do-folhiço	x	-	-	-	NT	florestal	terrestre
Ischnocnema parva (Girard, 1853)	rã-do-folhiço		-	-	-	-	florestal	terrestre
Ischnocnema gr. *parva*	rã-do-folhiço			-	-	-	-	-
Ischnocnema surda (Canedo, Pimenta, Leite & Caramaschi, 2010)	rã-do-folhiço		-	-	-	-	florestal	terrestre
Ischnocnema verrucosa (Reinhardt & Lütken, 1862)	rã-do-folhiço	x	-	-	-	DD	florestal	terrestre
Família Bufonidae								
Dendrophryniscus carvalhoi (Izecksohn, 1994 “1993”)	sapo		-	DD	-	EN	florestal	arborícola
Rhinella crucifer (Wied-Neuwied, 1821)	sapo-cururu		-	-	-	-	generalista	terrestre
Rhinella granulosa (Spix, 1824)	sapo-cururu		-	-	-	-	generalista	terrestre
Rhinella gr. granulosa	sapo-cururu		-	-	-	-	-	-
Rhinella mirandaribeiroi (Galardo, 1965)			-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Rhinella margaritifera (Laurenti, 1768)	sapo-cururu		-	-	-	-	florestal	terrestre

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Rhinella ornata Spixi 1824			-	-	-	-	florestal	terrestre
Rhinella rubescens (A. Lutz, 1925)	sapo-cururu		-	-	-	-	áreasabertas	terrestre
Rhinella schneideri (Werner, 1894)	sapo-cururu		-	-	-	-	generalista	terrestre
Família Centrolenidae (Centroleninae)								
Vitreorana baliomma Pontes, Caramaschi & Pombal, 2014	perereca-de-vidro		-	-	-	-	florestal	arborícola
Vitreorana eurygnatha (A. Lutz, 1925)	perereca-de-vidro		VU	VU	-	-	florestal	arborícola
Vitreorana aff. eurygnatha	perereca-de-vidro		-	-	-	-	-	-
Vitreorana uranoscopa (Müller, 1924)	perereca-de-vidro	x	VU	-	-	-	florestal	arborícola
Família Ceratophryidae			DD	-	-	-		
Ceratophrys aurita (Raddi, 1823)	sapo-intanha		-	DD	-	-	florestal	terrestre
Família Craugastoridae (Craugastorinae)								
Haddadus binotatus (Spix, 1824)	rã-do-folhiço		-	-	-	-	florestal	terrestre
Família Cycloramphidae								
Cycloramphus eleutherodactylus (Miranda-Ribeiro, 1920)	rã-do-folhiço			-		DD	florestal	terrestre
Thoropa megatympanum Caramaschi & Sazima, 1984	rã-do-folhiço					-	áreas abertas	terrestre
Thoropa miliaris (Spix, 1824)	rã-do-folhiço	x	-	-	-	-	terrestre	florestal
Família Hemiphractidae								
Fritziana goeldii (Boulenger, 1895 "1894")	perereca		-	-	-	-	florestal	arbustiva
Gastrotheca fissipes (Boulenger, 1888)	perereca		-	-	-	DD	florestal	terrestre
Família Hylidae								
Aparasphenodon brunoi (Miranda-Ribeiro, 1920)	perereca-de-capacete		-	-	-	-	florestal	terrestre
Aplastodiscus gr. albofrenatus	perereca						-	-
Aplastodiscus arildae (Cruz & Peixoto, 1987 "1985")	perereca-flautinha	x	-	-	-	-	florestal	arborícola
Aplastodiscus cavicola (Cruz & Peixoto, 1985 "1984")	perereca	x	-	-	-	NT	florestal	arborícola
Aplastodiscus leucopygius (Cruz & Peixoto, 1985 "1984")	perereca-verde	x	-	-	-	-	florestal	arborícola
Bokermannohyla alvarengai (Bokermann, 1956)	perereca			-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Bokermannohyla caramaschii (Napoli, 2005)	perereca	x	-	-	-	-	florestal	arbustiva
Bokermannohyla circumdata (Cope, 1871)	perereca-da-mata		-	-	-	-	florestal	arborícola

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Bokermannohyla gr. *circumdata*	perereca			-	-	-	-	-
Bokermannohyla ibitipoca (Caramaschi & Feio, 1990)	perereca	x	-	-	-	DD	florestal	terrestre
Bokermannohyla martinsi (Bokermann, 1964)	perereca					-	florestal	terrestre
Bokermannohyla nanuzae (Bokermann & Sazima, 1973)	perereca					-	florestal	arbustiva
Dendropsophus anceps (A. Lutz, 1929)	perereca	x	-	-	-	-	florestal	arbustiva
Dendropsophus bipunctatus (Spix, 1824)	pererequinha		-	-	-	-	generalista	arbustiva
Dendropsophus branneri (Cochran, 1948)	pererequinha		-	-	-	-	florestal	arbustiva
Dendropsophus cf. *seniculos*				-	-	-	florestal	arborícola
Dendropsophus decipiens (A. Lutz, 1925)	pererequinha		-	-	-	-	generalista	arborícola
Dendropsophus elegans (Wied-Neuwied, 1824)	pererequinha		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Dendropsophus giesleri (Mertens, 1950)	pererequinha					-	florestal	arbustiva
Dendropsophus haddadi (Bastos & Pombal, 1996)	pererequinha					-	generalista	arbustiva
Dendropsophus microcephalus (Cope, 1886)	pererequinha					-	generalista	arbustiva
Dendropsophus microps (Peter, 1872)	pererequinha					-	florestal	arbustiva
Dendropsophus minimus (Ahl, 1933)	pererequinha					DD	florestal	arbustiva
Dendropsophus minutus (Peters, 1872)	pererequinha-do-brejo		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Dendropsophus nanus (Boulenger, 1889)						-	áreas abertas	arbustiva
Dendropsophus oliveirai (Bokermann, 1963)	perereca					-	áreas abertas	arbustiva
Dendropsophus rubicundulus (Reinhardt & Lütken, 1862 “1861”)	perereca		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Dendropsophus ruschii (Weygoldt & Peixoto, 1987)	perereca	x	VU	VU	-	DD	florestal	arbustiva
Dendropsophus seniculus (Cope, 1868)	perereca					-	florestal	arborícola
Hypsiboas albomarginatus (Spix, 1824)	perereca-verde		-	-	-	-	florestal	arborícola
Hypsiboas albopunctatus (Spix, 1824)	perereca-cabrinha		-	-	-	-	generalista	arborícola
Hypsiboas crepitans (Wied-Neuwied, 1824)	perereca		-	-	-	-	generalista	arborícola
Hypsiboas faber (Wied-Neuwied, 1821)	sapo-martelo		-	-	-	-	generalista	arborícola
Hypsiboas pardalis (Spix, 1824)	sapo-porco		-	-	-	-	florestal	arborícola
Hypsiboas polytaenius (Cope, 1870 “1869”)	perereca-de-pijama		-	-	-	-	áreas abertas	arbustíva
Hypsiboas semilineatus (Spix, 1824)	perereca		-	-	-	-	generalista	arbustiva

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Itapotihyla langsdorffii (Duméril & Bibron, 1841)	perereca-castanhola		-	-	-	-	florestal	arborícola
Ololygon agilis (Cruz & Peixoto, 1983)	pererequinha					-	florestal	arbustiva
Ololygon aargyreornatus (Miranda-Ribeiro, 1926)	pererequinha-de-bromélia		-	-	-	-	florestal	arbustiva
Ololygon carnevallii Caramaschi & Kisteumacher, 1989	perereca	x	-	-	-	-	florestal	arbustiva
Ololygon gr. *catharinae*	perereca-risonha			-	-	-	florestal	arborícola
Ololygon longilinea (B. Lutz, 1968)	perereca					_	florestal	arbustiva
Ololygon luizotavioi (Caramaschi & Kisteumacher, 1989)	perereca		-	-	-	-	florestal	arbustiva
Ololygon machadoi (Bokermann & Sazima, 1973)	perereca					-	florestal	arbustiva
Ololygon gr. *perpusilla*	perereca			-	-	-	-	-
Ololygon gr. *rizibilis*	perereca-risadinha			-	-	-	-	-
Ololygon tripui (Lourenço, Nascimento & Pires, 2010 "2009")	perereca	x	-	-	-	-	florestal	arbustiva
Ololygon cf. tripui	perereca			-	-	-	-	-
Phyllodytes luteolus (Wied-Neuwied, 1824)	pererequinha-de-bromélia		-	-	-	-	florestal	arborícola
Pseudis bolbodactyla A. Lutz, 1925	perereca						áreasabertas	aquática
Scinax alter (B. Lutz, 1973)	perereca-do-litoral		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Scinax cf. *alter*	perereca			-	-	-	-	-
Scinax crospedospilus (A. Lutz, 1925)	perereca	x	-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Scinax cruentommus (Duellman, 1972)	perereca					-	florestal	arborícola
Scinax curicica (Pugliesse, Pombal & Sazima, 2004)	perereca		-	-	-	DD	áreas abertas	terrestre/ arbustiva
Scinax cuspidatus (A. Lutz, 1925)	raspa-cuia		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Scinax duartei (B. Lutz, 1951)	perereca					-	áreas abertas	terrestre/ arbustiva
Scinax eurydice (Bokermann, 1968)	perereca		-	-	-	-	florestal	arborícola
Scinax fuscomarginatus (A. Lutz, 1925)	pererequinha-do-brejo		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva
Scinax fuscovarius (A. Lutz, 1925)	pererequinha-de-banheiro		-	-	-	-	áreas abertas	arbustiva

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Scinax hayii (Barbour, 1909)	perereca					-	generalista	arbustiva
Scinax aff. *perereca*	perereca			-	-	-	floresta	arborícola
Scinax rogerioi Pugliesi, Baêta & Pombal, 2009	perereca					-	áreas abertas	arbustiva
Scinax gr. ruber	perereca			-	-	-	-	-
Scinax squalirostris (A. Lutz, 1925)	perereca					-	áreas abertas	arbustiva
Scinax x-signatus (Spix, 1824)	perereca					-	áreas abertas	arbustiva
Sphaenorhynchus palustris Bokermann, 1966	perereca		DD			-	florestal	aquática
Sphaenorhynchus pauloalvini Bokermann, 1973	perereca		DD			DD	florestal	aquática/ arbustiva
Sphaenorhynchus planicola (A. Lutz & B. Lutz, 1938)	perereca					-	áreas abertas	aquática/ arbustiva
Sphaenorhynchus prasinus Bokermann, 1973	perereca					-	florestal	aquática/ arbustiva
Trachycephalus mesophaeus (Hensel, 1867)	prereca-grudenta		-	-	-	-	florestal	arborícola
Trachycephalus nigromaculatus (Tschudi, 1838)	perereca		-	-	-	-	florestal	arborícola
Família Hylodidae								
Crosodactylus gr. *gaudichaudii*	rãzinha			-	-	-	-	-
Crossodactylus trachystomus (Reinhardt & Lütken, 1862 "1861")	rãzinha					DD	florestal	terrestre
Hylodes babax (Heyer, 1982)	rãzinha	x	DD	-	-	DD	florestal	terrestre
Hylodes lateristrigatus (Baumann, 1912)	rãzinha	x	-	-	-	-		
Hylodes aff. *lateristrigatus* (Baumann, 1912)	rãzinha		-	-	-	-	-	-
Hylodes uai Nascimento, Pombal & Haddad, 2001	rãzinha					DD	florestal	terrestre/ arbustiva
Megaelosia apuana (Pombal, Prado & Canedo, 2003)	rãzinha	x	VU	-	-	DD	florestal	terrestre
Família Leptodactylidae (Leiuperinae)								
Physalaemus aguirrei Bokermann, 1966	rãzinha-do-folhiço					-	generalista	terrestre
Physalaemus crombiei (Heyer & Wolf, 1989)	rãzinha-do-folhiço		-	-	-	-	florestal	terrestre
Physalaemus cf. crombiei	rãzinha-do-folhiço			-	-	-	-	-
Physalaemus cuvieri (Fitzinger, 1826)	rã-cachorro		-	-	-	-	generalista	terrestre

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Physalaemus evangelistai Bokermann, 1967	rãzinha					DD	áreas abertas	terrestre/ arbustiva
Physalaemus feioi (Cassini, Cruz & Caramaschi, 2010)	rãzinha	x	-	-	-	-	florestal	terrestre
Physalaemus irroratus						DD	florestal	terrestre
Physalaemus maximus (Feio, Pombal & Caramaschi, 1999)	rãzinha		-	-	VU	DD	florestal	terrestre
Physalaemus obtectus Bokermann, 1966	rãzinha					DD	florestal	terrestre
Physalaemus aff. *obtectus*	rãzinha		-	-	-	DD	-	-
Physalaemus aff.olfersii	rãzinha			-	-	-	-	-
Família Leptodactylidae (Leptodactylinae)								
Pseudopaludicola fa-ipes (Hensel, 1867)	rãzinha					-	áreas abertas	terrestre
Pseudopaludicola murundu Toledo, Siqueira, Duarte, Veiga-Menoncello, Recco-Pimentel & Haddad, 2010	rãzinha					-	áreas abertas	terrestre
Adenomera bokermanni (Heyer, 1973)	rãzinha					-	florestal	terrestre
Adenomera marmorata (Steindachner, 1867)	rãzinha-marmoreada		-	-	-	-	florestal	terrestre
Adenomera thomei (Almeida & Ângulo, 2006)	rãzinha					-	florestal	terrestre
Adenomera cf. thomei	rãzinha			-	-	-	-	-
Leptodactylus cunicularius Sazima & Bokermann, 1978	rã					-	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus cupreus (Caramaschi, Feio & São-Pedro, 2008)	rã		-	-	-	DD	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus furnarius Sazima & Bokermann, 1978	rã					-	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus fuscus (Schneider, 1799)	rã-assobiadora		-	-	-	-	generalista	terrestre
Leptodactylus jolyi Sazima & Bokermann, 1978	rã					DD	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus labyrinthicus (Spix, 1824)	rã-pimenta		-	-	-	-	generalista	terrestre
Leptodactylus latrans (Steffen, 1815)	rã-manteiga		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus mystacinus (Burmeister, 1861)	rã-de-bigode		-	-	-	-	florestal	terrestre
Leptodactylus natalensis A. Lutz, 1930	rã					-	generalista	terrestre
Leptodactylus sertanejo Giaretta & Costa, 2007	rã					-	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus spixi Heyer, 1983	rã					-	áreas abertas	terrestre
Leptodactylus aff. *spixii*	rã			-	-	-	-	-

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Família Leptodactylidae (Paratelmatobiinae)								
Crossodactylodes izecksohni (Peixoto, 1983 “1982”)	rãzinha-de-bromélia		DD	DD	-	NT	florestal	arborícola
Família Microhylidae (Gastrophryninae)								
Arcovomer passarellii Carvalho, 1954	rãzinha					-	florestal	terrestre
Chiasmocleis capixaba Cruz, Caramaschi & Izecksohn, 1997	rãzinha-da-mata					-	florestal	terrestre
Chiasmocleis schubarti (Bokermann, 1952)	rãzinha-da-mata		-	-	-	-	florestal	terrestre
Dasypops schirchi Miranda-Ribeiro, 1924	rãzinha					VU	florestal	terrestre
Elachistocleis cesarii (Miranda Ribeiro (1920)	rã-apito-de-guarda		-	-	-	-	áreas abertas	fossorial
Myersiella microps (Duméril & Bibron, 1841)	rãzinha					-	florestal	terrestre
Stereocyclops incrassatus (Cope, 1870 “1869”)	rãzinha-do-folhiço		-	-	-	-	florestal	terrestre
Família Odontophrynidae								
Macrogenioglottus alipioi Carvalho, 1946	sapo		DD			-	florestal	terrestre
Odontophrynus cultripes (Reinhardt & Lütken, 1861, “1862”)	sapo		-	-	-	-	áreas abertas	fossorial
Proceratophrys boiei (Wied-Neuwied, 1825)	sapo-de-chifres		-	-	-	-	florestal	terrestre/ fossorial
Proceratophrys laticeps (Izecksohn & Peixoto, 1981)	sapo-de-chifres		-	-	-	-	florestal	terrestre/ fossorial
Proceratophrys melanopogon (Miranda-Ribeiro, 1926)	sapo-de-chifres					-	florestal	terrestre/ fossorial
Proceratophrys aff. *melanopogon*	sapo-de-chifres			-	-	-	-	-
Família Phyllomedusidae								
Phasmahyla exilis (Cruz, 1980)	perereca	x	-	EP	-	-	florestal	arborícola
Phasmahyla jandaia (Bokermann & Sazima, 1978)	perereca					-	generalista	arborícola
Phyllomedusa burmeisteri (Boulenger, 1882)	perereca-das-folhagens, perereca-macaco		-	-	-	-	florestal	arborícola
Phyllomedusa rohdei (Mertens, 1926)	perereca-macaco	x				-	florestal	arborícola
Pithecopus ayeaye B. Lutz, 1966	perereca					CR	áreas abertasa	arbustiva
Família Phyllomedusidae								

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Pipa carvalhoi (Miranda-Ribeiro, 1937)	pipa						áreas abertas	aquática
ORDEM GYMNOPHIONA								
Família Siphonopidae								
Siphonops annulatus (Mikan, 1820)	cecília		-	-	-	-	-	fossorial
ORDEM TESTUDINES Batsch, 1788								
Cheloniidae Oppel, 1811								
Chelonoidis denticulatus (Linnaeus, 1766)	jabuti-tinga					-	florestal	terrestre
Acanthochelys radiolata (Mikan, 1820)	cágado-amarelo					NT	-	aquática
Phrynops geoffroanus (Schweigger, 1812)	cágado-de-ferradura-comum					-	-	aquática
Hydromedusa maximiliani (Mikan, 1825)	cágado-pescoço-de-cobra					VU	-	aquática
ORDEM CROCODYLIA (Gmelin, 1789)								
Alligatoridae Cuvier, 1807								
Caiman latirostris (Daudin, 1801)	jacaré-do-papo-amarelo		-	DD	-	-	-	aquática
ORDEM SQUAMATA (Oppel, 1811)								
Gekkonidae Gray, 1825								
Hemidactylus mabouia (Moreau de Jonnès, 1818)	lagartixa		-	-	-	-	generalista	arborícola
Phyllodactylidae Gamble, Bauer, greenbaum e Jackman, 2008								
Gymnodactylus darwinii (Gray, 1845)	lagarto		-	-	-	-	florestal	terrestre
Mabuyidae Mittleman, 1952								
Aspronema dorsivittatum (Cope, 1862)	mabuia					-	áreas abertas	terrestre
Brasiliscincus agilis (Raddi, 1823)	mabuia					-	áreas abertas	terrestre
Notomabuya frenata (Cope, 1862)	mabuia					-	áreas abertas	terrestre
Psychosaura macrorhyncha (Hoge, 1947)	mabuia		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Iguania Cope, 1864								
Dactyloidae fitzinger, 1843								
Dactyloa punctata (Daudin, 1802)	lagarto					-	florestal	arborícola
Norops fuscoauratus (D'Orbigny, 1837 in Duméril e Bibron, 1837)	lagarto		-	-	-	-	florestal	arborícola

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Norops ortonii (Cope, 1868)	lagarto					-	florestal	arborícola
Leiosauridae Frost, Etheridge, Janies e Titus, 2001								
Enyalius bilineatus Duméril e Bibron, 1837	papa-vento		-	-	-	-	florestal	arborícola
Enyalius brasiliensis (Lesson, 1828)	papa-vento	x	-	-	-	-	florestal	arborícola
Enyalius catenatus (Wied, 1821)	papa-vento					-	florestal	arborícola
Enyalius iheringii Boulenger, 1885	papa-vento					-	florestal	arborícola
Enyalius perditus Jackson, 1978	papa-vento					-	florestal	arborícola
Urostrophus vautieri (Duméril e Bibron, 1837)	iguana-rajada		-	-	-	-	florestal	arborícola
Polychrotidae Fitzinger, 1843								
Polychrus acutirostris Spix, 1825	camaleão					-	florestal	arborícola
Polychrus marmoratus (Linnaeus, 1758)	camaleão		-	-	-	-	florestal	arborícola
Tropiduridae Bell *in* Darwin, 1843								
Strobilurus gr. torquatus	calango			-	-	-	-	-
Tropidurus itambere Rodrigues, 1987	calango					-	generalista	arborícola
Tropidurus torquatus (Wied, 1820)	calango		-	-	-	-	generalista	arborícola
Anguidae Gray, 1825								
Diploglossus fasciatus (Gray, 1831)	calango					-	florestal	
Ophiodes striatus (Spix, 1825)	calango					-	áreas abertas	terrestre
Lacertiformes (Estes, De Queiroz e Gauthier *in* Estes e Pregill, 1988)								
Gymnophthalmidae Fitzinger, 1826								
Heterodactylus imbricatus	lagartinho		-	-	-	-	florestal	terrestre
Cercosaura schreibersii Wiegmann, 1834	lagartixa					-	generalista	terrestre
Placosoma glabellum (Peters, 1870)	lagartinho					-	floretal	terrestre
Ecpleopus gaudichaudii Duméril e Bibron, 1839	lagartinho					-	generalista	terrestre
Leposoma scincoides Spix, 1825	lagartinho					-	florestal	terrestre
Teiidae Gray, 1827								
Ameiva ameiva (Linnaeus, 1758)	calango		-	-	-	-	generalista	terrestre
Ameivula nativo (Rocha, Bergallo e Peccinini-Seale, 1997)	calango					-	áreas abertas	terrestre

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Kentropyx striata (Daudin, 1802)	calango					-		
Tupinambinae Bonaparte, 1831								
Salvator merianae (Duméril e Bibron, 1839)	teiú		-	-	-	-	generalista	terrestre
Amphisbaenia (Gray, 1844)								
Amphisbaenidae Gray, 1825								
Amphisbaena alba (Linnaeus, 1758)	cobra-cega		-	-	-	-	áreas abertas	fossorial
Amphisbaena nigricauda Gans, 1966	cobra-cega					-	-	fossorial
Leposternon infraorbitale (Bertold, 1859)	cobra-cega					-	áreas abertas	fossorial
Leposternon microcephalum Wagler in Spix, 1824	cobra-cega					-	generalista	fossorial
Leposternon wuchereri (Peters, 1879)	cobra-cega	x	-	-	-	-	-	fossorial
Serpentes (Linnaeus, 1758)								
Anomalepididae Taylor, 1939								
Liotyphlops wilderi (Garman, 1883)	cobra-da-terra		-	-	-	-	áreas abertas	fossorial
Typhlopidae Merrem, 1820								
Amerotyphlops brongersmianus (Vanzolini, 1976)	cobra					-	florestal	fossorial
Leptotyphlopidae Stejneger, 1892								
Trilepida dimidiata (Jan, 1861)	cobra					-	áreas abertas	fossorial
Trilepida salgueiroi (Amaral, 1955)	cobra					-	-	fossorial
Boidae Gray, 1825								
Boa constrictor	jiboia						florestal	terrestre
Corallus hortulanus (Linnaeus, 1758)	saçubóia		-	-	-	-	florestal	arborícola
Epicrates cenchria (Linnaeus, 1758)	salamanta		-	-	-	-	florestal	terrestre
Colubridae Oppel, 1811								
Chironius bicarinatus (Wied, 1820)	cobra-cipó	x	-	-	-	-	florestal	arborícola
Chironius carinatus (Linnaeus, 1758)	cobra-cipó					-	florestal	arborícola
Chironius exoletus (Linnaeus, 1758)	cobra-cipó					-	florestal	arborícola
Chironius flavolineatus (Jan, 1863)	cobra-cipó					-	florestal	arborícola
Chironius fuscus (Linnaeus, 1758)	cobra-cipó					-	florestal	arborícola

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Chironius laevicollis (Wied, 1824)	cobra-cipó					-	florestal	arborícola
Chironius quadricarinatus (Boie, 1827)	cobra-cipó					-	florestal	arborícola
Drymoluber dichrous (Peters, 1863)	cobra					-	florestal	terrestre
Leptophis ahaetulla (Linnaeus, 1758)	cobra					-	florestal	arborícola
Mastigodryas bifossatus (Raddi, 1820)	cobra					-	áreas abertas	terrestre
Oxybelis aeneus (Wagler in Spix, 1824)	cobra					-	florestal	arborícola
Simophis rhinostoma (Schlegel, 1837)	cobra		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Spilotes pullatus (Linnaeus, 1758)	caninana-preta-meridional		-	-	-	-	florestal	arborícola
Spilotes sulphureus	papa-ovo	x					florestal	arborícola
Tantilla boipiranga Sawaya e Sazima, 2003	cobra					VU	áreas abertas	terrestre
Tantilla melanocephala (Linnaeus, 1758)	cobra					-	áreas abertas	terrestre
Atractus pantostictus Fernandes e Puorto, 1994	cobra					-	florestal	fossorial
Dipsadidae Bonaparte, 1838								
Dipsas albifrons (Sauvage, 1884)	cobra					-	florestal	arborícola
Dipsas incerta (Jan, 1863)	cobra					-	florestal	arborícola
Dipsas variegata (Duméril, Bibron e Duméril, 1854)	cobra					-	florestal	arborícola
Sibynomorphus mikanii (Schlegel, 1837)	dormideira		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Sibynomorphus neuwiedi (Ihering, 1911)	dormideira	x	-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Sibynomorphus ventrimaculatus (Boulenger, 1885)	dormideira					-	áreas abertas	terrestre
Imantodes cenchoa (Linnaeus, 1758)	cobra-cipó		-	-	-	-	florestal	arborícola
Leptodeira annulata (Linnaeus, 1758)	falsa-coral, falsa jararaca		-	-	-	-	florestal	terrestre
Echinanthera melanostigma (Wagler in Spix, 1824)	corredeira	x	-	-	-	-	florestal	terrestre
Taeniophallus affinis (Günther, 1858)	corredeira	x	-	-	-	-	florestal	terrestre
Taeniophallus occipitalis (Jan, 1863)	corredeira					-	florestal	terrestre
Apostolepis assimilis (Reinhardt, 1861)	cobra					-	áreas abertas	fossorial
Elapomorphus quinquelineatus (Raddi, 1820)	cobra-da-terra-listrada	x	-	-	-	-	florestal	fossorial
Helicops carinicaudus (Wied, 1824)	cobra					-	áreas abertas	aquática

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Philodryas aestiva (Duméril, Bibron e Duméril, 1854)	cobra-cipó					-	áreas abertas	terrestre
Philodryas agassizii (Jan, 1863)	cobra-cipó					-	áreas abertas	terrestre
Philodryas laticeps Werner, 1900	cobra-cipó					-	áreas abertas	terrestre
Philodryas olfersii (Liechtenstein, 1823)	cobra-cipó		-	-	-	-	florestal/ áreas abertas	terrestre/ arbustiva
Philodryas patagoniensis (Girard, 1858)	cobra-cipó					-	áreas abertas	terrestre
Boiruna maculata (Boulenger, 1896)	cobra					-	florestal/ áreas abertas	terrestre
Clelia plumbea (Wied, 1820)	cobra					-	florestal	terrestre
Mussurana montana (Franco, Marques e Puorto, 1997)	muçurana	x	-	-	-	-	florestal	terrestre
Oxyrhopus clathratus (Duméril, Bibron e Duméril, 1854)	falsa-coral-serrana	x	-	-	-	-	florestal	terrestre
Oxyrhopus guibei (Hoge e Romano, 1978)	falsa-coral		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Oxyrhopus petolarius (Reuss, 1834)	falsa-coral					-	florestal	terrestre
Oxyrhopus rhombifer Duméril, Bibron & Duméril, 1854	falsa-coral					-	áreas abertas	terrestre
Pseudoboa nigra (Duméril, Bibron e Duméril, 1854)	falsa-muçurana		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Siphlophis compressus (Daudin, 1803)	cobra					-	florestal	terrestre
Thamnodynastes hypoconia (Cope, 1860)	cobra-espada					-	áreas abertas	terrestre
Thamnodynastes nattereri (Mikan, 1828)	cobra-espada		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Thamnodynastes cf. nattereri	cobra-espada			-	-	-	áreas abertas	terrestre
Tropidodryas serra (Schlegel, 1837)	falsa-jararaca		-	-	-	-	florestal	terrestre
Tropidodryas striaticeps (Cope, 1870)	falsa-jararaca		-	-	-	-	florestal	terrestre
Xenodontini Bonaparte, 1845								
Erythrolamprus aesculapii (Linnaeus, 1766)	falsa-coral		-	-	-	-	florestal	terrestre
Erythrolamprus almadensis (Wagler in Spix, 1824)	falsa-coral					-	áreas abertas	terrestre
Erythrolamprus jaegeri (Günther, 1858)	falsa-coral					-	áreas abertas	terrestre
Erythrolamprus maryellenae (Dixon, 1985)	falsa-coral						áreas abertas	terrestre
Erythrolamprus miliaris (Linneaus, 1758)	cobra-da-água		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Erythrolamprus poecilogyrus (Schlegel, 1837)	falsa-coral		-	-	-	-	generalista	terrestre
Erythrolamprus reginae (Linneaus, 1758)	falsa-coral					-	florestal	terrestre

Táxon	Nome popular	Endemismo	Estado de Conservação				Hábitat	Hábito
			MG	ES	Nac	Mun		
Erythrolamprus typhlus (Cope, 1887)	falsa-coral					-	florestal	terrestre
Lygophis meridionalis (Schenkel, 1901)	cobra					-	áreas abertas	terrestre
Xenodon merremii (Wagler in Spix, 1824)	boipeva		-	-	-	-	floresta/ áreas baertas	terrestre
Xenodon neuwiedii (Günther, 1863)	boipeva		-	-	-	-	florestal	terrestre
Xenodon rabdocephalus rabdocephalus (Wied, 1824)	boipeva					-	florestal	terrestre
Elapidae Boie, 1827								
Micrurus corallinus (Merrem, 1820)	coral	X					florestal	fossorial
Micrurus frontalis (Duméril, Bibron e Duméril, 1854)	coral		-	-	-	-	floresta/ áreas baertas	fossorial
Micrurus lemniscatus (Linnaeus, 1758)	coral						florestal	fossorial
Viperidae Oppel, 1811								
Bothrops alternatus Duméril, Bibron e Duméril, 1854	jararaca					-	floresta/ áreas baertas	terrestre
Bothrops bilineatus (Wied, 1851)	jararaca					-	florestal	arborícola
Bothrops jararaca (Wied, 1824)	jararaca	X	-	-	-	-	florestal	terrestre
Bothrops jararacussu (Lacerda, 1884)	jararacuçu	X	-	-	-	-	florestal	terrestre
Bothrops leucurus Wagler in Spix, 1824	jararaca					-	florestal	terrestre
Bothrops neuwiedi (Wagler in Spix, 1824)	jararaca		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Crotalus durissus (Linnaeus, 1758)	cascavel		-	-	-	-	áreas abertas	terrestre
Lachesis muta (Linnaeus, 1766)	surucucu		-	VU	-	VU	florestal	terrestre

www.institutoslactec.org.br

Tabela 51 - Lista de espécies de aves com potencialidade de ocorrência na área de abrangência do estudo em Minas Gerais e Espírito Santo com descrição dos táxons, nome popular (***sensu*** CBRO, 2015), endemismo (BROOKS et al., 1999; VASCONCELOS & MELLO, 2001) e estado de conservação nos estados de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010) e Espírito Santo (PASSAMANI & MENDES, 2007), e nos âmbitos nacional (BRASIL, 20140) e mundial (IUCN, 2018).

Legenda. NT, *Near Threatened* (quase ameaçado); VU, Vulnerável; EN, Em Perigo; CR, Criticamente Em Perigo; RE, regionalmente extinto.

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
TINAMIFORMES						
Família Tinamidae						
Tinamus solitarius	macuco	X	EN	CR		NT
Crypturellus soui	tururim					
Crypturellus obsoletus	inambuguaçu					
Crypturellus undulatus	jaó					
Crypturellus noctivagus	jaó-do-sul	X	EN	CR	VU	NT
Crypturellus variegatus	inambu-anhangá		EN	EN		
Crypturellus parvirostris	inambu-chororó					
Crypturellus tataupa	inambu-chintã					
Rhynchotus rufescens	perdiz					
ANSERIFORMES						
Família Anhimidae						
Anhima cornuta	anhuma					
Família Anatidae						
Dendrocygna viduata	irerê					
Dendrocygna autumnalis	marreca-cabocla					
Cairina moschata	pato-do-mato					
Amazonetta brasiliensis	ananaí					
Netta erythrophthalma	paturi-preta					
Netta peposaca	marrecão					
Nomonyx dominicus	marreca-caucau					
GALLIFORMES						
Família Cracidae						
Penelope superciliaris	jacupemba					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Penelope obscura	jacuguaçu		VU	VU		
Aburria jacutinga	jacutinga	X	CR	RE	EN	EN
Ortalis araucuan	aracuã-de-barriga-branca					
Crax blumenbachii	mutum-de-bico-vermelho	X	CR	CR	CR	EN
Família Odontophoridae						
Odontophorus capueira	uru	X	EN	EN		
PODICIPEDIFORMES						
Família Podicipedidae						
Tachybaptus dominicus	mergulhão-pequeno					
Podilymbus podiceps	mergulhão-caçador					
Podicephorus major	mergulhão-grande					
CICONIIFORMES						
Família Ciconiidae						
Ciconia maguari	maguari					
Mycteria americana	cabeça-seca					
SULIFORMES						
Família Phalacrocoracidae						
Nannopterum brasilianus	biguá					
Família Anhingidae						
Anhinga anhinga	biguatinga					
PELECANIFORMES						
Família Ardeidae						
Tigrisoma lineatum	socó-boi					
Cochlearius cochlearius	arapapá					
Botaurus pinnatus	socó-boi-baio					
Ixobrychus exilis	socoí-vermelho					
Ixobrychus involucris	socoí-amarelo					
Nycticorax nycticorax	socó-dorminhoco					
Nyctanassa violacea	savacu-de-coroa					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Butorides striata	socozinho					
Bubucus ibis	garça-vaqueira					
Ardea cocoi	garça-moura					
Ardea alba	garça-branca					
Syrigma sibilatrix	maria-faceira					
Pilherodius pileatus	garça-real					
Egretta thula	garça-branca-pequena					
Egretta caerulea	garça-azul					
Família Threskiornithidae						
Mesembrinibis cayennensis	coró-coró			RE		
Theristicus caudatus	curicaca					
Platalea ajaja	colhereiro					
CATHARTIFORMES						
Família Cathartidae						
Cathartes aura	urubu-de-cabeça-vermelha					
Cathartes burrovianus	urubu-de-cabeça-amarela					
Coragyps atratus	urubu					
Sarcoramphus papa	urubu-rei			VU		
ACCIPITRIFORMES						
Família Pandionidae						
Pandion haliaetus	águia-pescadora					
Família Accipitridae						
Leptodon cayanensis	gavião-gato					
Chondrohierax uncinatus	caracoleiro					
Elanoides forficatus	gavião-tesoura					
Gampsonyx swainsonii	gaviãozinho					
Elanus leucurus	gavião-peneira					
Harpagus bidentatus	gavião-ripina					
Harpagus diodon	gavião-bombachinha					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Circus buffoni	gavião-do-banhado			VU		
Accipiter poliogaster	tauató-pintado		CR			NT
Accipiter superciliosus	tauató-passarinho					
Accipiter striatus	tauató-miúdo					
Accipiter bicolor	gavião-bombachinha-grande					
Ictinia plumbea	sovi					
Rostrhamus sociabilis	gavião-caramujeiro					
Geranospiza caerulescens	gavião-pernilongo					
Heterospizias meridionalis	gavião-caboclo					
Amadonastur lacernulatus	gavião-pombo-pequeno	X	CR		VU	VU
Urubitinga urubitinga	gavião-preto					
Urubitinga coronata	águia-cinzenta		EN		EN	EN
Rupornis magnirostris	gavião-carijó					
Parabuteo leucorrhous	gavião-de-sobre-branco					
Geranoaetus albicaudatus	gavião-de-rabo-branco					
Geranoaetus melanoleucus	águia-serrana					
Pseudastur polionotus	gavião-pombo	X	CR	VU		NT
Buteo brachyurus	gavião-de-cauda-curta					
Buteo albonotatus	gavião-urubu					
Harpia harpyja	gavião-real		CR	CR	VU	NT
Spizaetus tyrannus	gavião-pega-macaco		EN	VU		
Spizaetus melanoleucus	gavião-pato		EN	VU		
Spizaetus ornatus	gavião-de-penacho		EN	CR		NT
GRUIFORMES						
Família Aramidae						
Aramus guarauna	carão					
Família Rallidae						
Rallus longirostris	saracura-matraca					
Aramides cajaneus	saracura-três-potes					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Aramides saracura	saracura-do-mato	X				
Laterallus viridis	sanã-castanha					
Laterallus melanophaius	sanã-parda					
Mustelirallus albicollis	sanã-carijó					
Pardirallus nigricans	saracura-sanã					
Gallinula galeata	galinha-d'água					
Porphyrio martinicus	frango-d'água-azul					
Família Heliornithidae						
Heliornis fulica	picaparra					
CHARADRIIFORMES						
Família Charadriidae						
Vanellus cayanus	mexeriqueira					
Vanellus chilensis	quero-quero					
Família Recurvirostridae						
Himantopus mexicanus	pernilongo-de-costas-negras					
Himantopus melanurus	pernilongo-de-costas-brancas					
Família Scolopacidae						
Gallinago paraguaiae	narceja					
Gallinago undulata	narcejão					
Família Jacanidae						
Jacana jacana	jaçanã					
Família Rostratulidae						
Nycticryphes semicollaris	narceja-de-bico-torto					
Família Sternidae						
Sternula superciliaris	trinta-réis-pequeno					
Phaetusa simplex	trinta-réis-grande					
Família Rynchopidae						
Rynchops niger	talha-mar					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
COLUMBIFORMES						
Família Columbidae						
Columbina minuta	rolinha-de-asa-canela					
Columbina talpacoti	rolinha					
Columbina squammata	fogo-apagou					
Columbina picui	rolinha-picuí					
Columba livia	pombo-doméstico					
Claravis pretiosa	pararu-azul					
Patagioenas speciosa	pomba-trocal					
Patagioenas picazuro	asa-branca					
Patagioenas cayennensis	pomba-galega					
Patagioenas plumbea	pomba-amargosa					
Zenaida auriculata	avoante					
Leptotila verreauxi	juriti-pupu					
Leptotila rufaxilla	juriti-de-testa-branca					
Geotrygon montana	pariri					
Geotrygon violacea	juriti-vermelha		VU	CR		
CUCULIFORMES						
Família Cuculidae						
Piaya cayana	alma-de-gato					
Coccyzus melacoryphus	papa-lagarta					
Coccyzus americanus	papa-lagarta-de-asa-vermelha					
Coccyzus euleri	papa-lagarta-de-euler					
Crotophaga major	anu-coroca					
Crotophaga ani	anu-preto					
Guira guira	anu-branco					
Tapera naevia	saci					
Neomorphus geoffroyi	jacu-estalo		CR	CR	CR	VU

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
STRIGIFORMES						
Família Tytonidae						
Tyto furcata	suindara					
Família Strigidae						
Megascops choliba	corujinha-do-mato					
Pulsatrix perspicillata	murucututu					
Pulsatrix koeniswaldiana	murucututu-de-barriga-amarela	X				
Bubo virginianus	jacurutu					
Strix hylophila	coruja-listrada					NT
Strix virgata	coruja-do-mato					
Glaucidium minutissimum	caburé-miudinho		VU	EN		
Glaucidium brasilianum	caburé					
Athene cunicularia	coruja-buraqueira					
Aegolius harrisii	caburé-acanelado					
Asio clamator	coruja-orelhuda					
Asio stygius	mocho-diabo					
NYCTIBIIFORMES						
Família Nyctibiidae						
Nyctibius grandis	urutau-grande			VU		
Nyctibius aethereus	urutau-pardo			VU	EN	
Nyctibius griseus	urutau					
CAPRIMULGIFORMES						
Família Caprimulgidae						
Nyctiphrynus ocellatus	bacurau-ocelado					
Antrostomus rufus	joão-corta-pau					
Lurocalis semitorquatus	tuju					
Nyctidromus albicollis	bacurau					
Hydropsalis parvula	bacurau-chintã					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Hydropsalis hirundinaceus	bacurauzinho-da-caatinga			CR		
Hydropsalis longirostris	bacurau-da-telha					
Hydropsalis torquata	bacurau-tesoura					
Nannochordeiles pusillus	bacurauzinho					
Chordeiles acutipennis	bacurau-de-asa-fina					
APODIFORMES						
Família Apodidae						
Streptoprocne zonaris	taperuçu-de-coleira-branca					
Streptoprocne biscutata	taperuçu-de-coleira-falha					
Chaetura cinereiventris	andorinhão-de-sobre-cinzento					
Chaetura meridionalis	andorinhão-do-temporal					
Família Trochilidae						
Ramphodon naevius	beija-flor-rajado	X		EN		NT
Glaucis dohrnii	balança-rabo-canela		CR	CR	EN	EN
Glaucis hirsutus	balança-rabo-de-bico-torto					
Phaethornis squalidus	rabo-branco-pequeno	X				
Phaethornis idaliae	rabo-branco-mirim	X				
Phaethornis ruber	rabo-branco-rubro					
Phaethornis pretrei	rabo-branco-acanelado					
Phaethornis eurynome	rabo-branco-de-garganta-rajada	X				
Phaethornis margarettae	rabo-branco-de-margarette	X		CR	EN	
Campylopterus largipennis diamantinensis	asa-de-sabre-cinza					
Eupetomena macroura	beija-flor-tesoura					
Aphantochroa cirrochloris	beija-flor-cinza	X				
Florisuga mellivora	beija-flor-azul-de-rabo-branco					
Florisuga fusca	beija-flor-preto	X				

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Colibri serrirostris	beija-flor-de-orelha-violeta					
Anthracothorax nigricollis	beija-flor-de-veste-preta					
Chrysolampis mosquitus	beija-flor-vermelho					
Lophornis magnificus	topetinho-vermelho					
Lophornis chalybeus	topetinho-verde					
Discosura langsdorffi	rabo-de-espinho		CR	CR	EN	
Discosura longicaudus	bandeirinha					
Chlorestes notata	beija-flor-de-garganta-azul					
Chlorostilbon lucidus	besourinho-de-bico-vermelho					
Thalurania furcata	beija-flor-tesoura-verde					
Thalurania glaucopis	beija-flor-de-fronte-violeta	X				
Hylocharis sapphirina	beija-flor-safra					
Hylocharis cyanus	beija-flor-roxo					
Leucochloris albicollis	beija-flor-de-papo-branco	X				
Polytmus guainumbi	beija-flor-de-bico-curvo					
Amazilia versicolor	beija-flor-de-banda-branca					
Amazilia brevirostris	beija-flor-de-bico-preto					
Amazilia fimbriata	beija-flor-de-garganta-verde					
Amazilia lactea	beija-flor-de-peito-azul					
Augastes scutatus	beija-flor-de-gravata-verde	MA, CE				NT
Heliodoxa rubricauda	beija-flor-rubi	X				
Heliothryx auritus	beija-flor-de-bochecha-azul					
Heliomaster squamosus	bico-reto-de-banda-branca					
Calliphlox amethystina	estrelinha-ametista					
TROGONIFORMES						
Família Trogonidae						
Trogon viridis	surucuá-de-barriga-amarela					
Trogon surrucura	surucuá-variado	X				

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Trogon rufus	surucuá-dourado					
CORACIIFORMES						
Família A-edinidae						
Megaceryle torquata	martim-pescador-grande					
Chloroceryle amazona	martim-pescador-verde					
Chloroceryle americana	martim-pescador-pequeno					
Chloroceryle inda	martim-pescador-da-mata					
Família Momotidae						
Baryphthengus ruficapillus	juruva	X				
GALBULIFORMES						
Família Galbulidae						
Jacamara-yon tridactyla	cuitelão	X				VU
Galbula ruficauda	ariramba					
Família Bucconidae						
Nystalus chacuru	joão-bobo					
Malacoptila striata	barbudo-rajado	X				
Nonnula rubecula	macuru					
Chelidoptera tenebrosa	urubuzinho			VU		
PICIFORMES						
Família Ramphastidae						
Ramphastos toco	tucanuçu					
Ramphastos vitellinus	tucano-de-bico-preto					
Ramphastos dicolorus	tucano-de-bico-verde	X				
Pteroglossus bailloni	araçari-banana		VU			NT
Pteroglossus aracari	araçari-de-bico-branco					
Família Picidae						
Picumnus cirratus	picapauzinho-barrado					
Melanerpes candidus	pica-pau-branco					
Melanerpes flavifrons	benedito-de-testa-amarela	X	VU	VU		

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Veniliornis affinis	picapauzinho-avermelhado		CR			
Veniliornis maculifrons	picapauzinho-de-testa-pintada	X				
Veniliornis passerinus	pica-pau-pequeno					
Piculus flavigula	pica-pau-bufador					
Piculus chrysochloros	pica-pau-dourado-escuro					
Piculus aurulentus	pica-pau-dourado	X				NT
Celeus flavescens	pica-pau-de-cabeça-amarela					
Colaptes melanochloros	pica-pau-verde-barrado					
Colaptes campestris	pica-pau-do-campo					
Celeus flavescens	pica-pau-de-cabeça-amarela					
Dryocopus lineatus	pica-pau-de-banda-branca					
Campephilus robustus	pica-pau-rei	X				
Campephilus melanoleucos	pica-pau-de-topete-vermelho					
CARIAMIFORMES						
Família Cariamidae						
Cariama cristata	seriema					
FA-ONIFORMES						
Família Fa-onidae						
Caracara plancus	carcará					
Milvago chimachima	carrapateiro					
Herpetotheres cachinnans	acauã					
Micrastur ruficollis	fa-ão-caburé					
Micrastur semitorquatus	fa-ão-relógio					
Fa-o sparverius	quiriquiri					
Fa-o rufigularis	cauré					
Fa-o femoralis	fa-ão-de-peito-laranja					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
PSITTACIFORMES						
Família Psittacidae						
Primolius maracana	maracanã					NT
Diopsittaca nobilis	maracanã-pequena					
Psittacara leucophthalmus	periquitão					
Aratinga solstitialis	cacaué				EN	EN
Eupsittula aurea	periquito-rei					
Pyrrhura cruentata	tiriba-grande	X	CR	EN	VU	VU
Pyrrhura frontalis	tiriba	X				
Pyrrhura leucotis	tiriba-de-orelha-branca	X	CR	EN	VU	VU
Forpus xanthopterygius	tuim					
Brotogeris tirica	periquito-verde	X				
Brotogeris chiriri	periquito-de-encontro-amarelo					
Touit surdus	apuim-de-cauda-amarela		CR	EN	VU	VU
Pionus menstruus	maitaca-de-cabeça-azul			VU		
Pionus maximiliani	maitaca					
Amazona vinacea	papagaio-de-peito-roxo		VU	CR	VU	EN
Amazona farinosa	papagaio-moleiro		CR	CR		NT
Amazona amazonica	curica					
Amazona rhodocorytha	chauá	X	EN		VU	VU
Amazona aestiva	papagaio					
PASSERIFORMES						
Família Thamnophilidae						
Terenura maculata	zidedê	X				
Myrmotherula axillaris	choquinha-de-flanco-branco					
Myrmotherula unicolor	choquinha-cinzenta					NT
Formicivora grisea	papa-formiga-pardo					
Formicivora rufa	papa-formiga-vermelho					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Formicivora serrana	formigueiro-da-serra	X				
Drymophila ferruginea	trovoada	X				
Drymophila rubricollis	trovoada-de-bertoni	X				
Drymophila ochropyga	choquinha-de-dorso-vermelho	X				NT
Drymophila malura	choquinha-carijó	X				
Drymophila squamata	pintadinho	X				
Rhopias gularis	choquinha-de-garganta-pintada					
Dysithamnus stictothorax	choquinha-de-peito-pintado					
Dysithamnus mentalis	choquinha-lisa					
Dysithamnus plumbeus	choquinha-chumbo	X	VU		EN	VU
Herpsilochmus atricapillus	chorozinho-de-chapéu-preto					
Herpsilochmus rufimarginatus	chorozinho-de-asa-vermelha					
Thamnophilus ruficapillus	choca-de-chapéu-vermelho					
Thamnophilus torquatus	choca-de-asa-vermelha					
Thamnophilus palliatus	choca-listrada					
Thamnophilus ambiguus	choca-de-sooretama	X				
Thamnophilus caerulescens	choca-da-mata					
Thamnophilus punctatus	choca-bate-cabo					
Taraba major	choró-boi					
Batara cinerea	matracão;					
Mackenziaena leachii	borralhara-assobiadora	X				
Mackenziaena severa	borralhara	X				
Myrmoderus loricatus	formigueiro-assobiador	X				
Pyriglena leucoptera	papa-taoca-do-sul	X				
Cercomacra brasiliana	chororó-cinzento					
Família Conopophagidae						
Conopophaga lineata	chupa-dente	X				

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Conopophaga melanops	cuspidor-de-máscara-preta	X				
Família Grallariidae						
Hylopezus nattereri	pinto-do-mato	X				
Família Rhinocryptidae						
Eleoscytalopus indigoticus	macuquinho	X				NT
Scytalopus speluncae	tapaculo-preto					
Scytalopus petrophilus	tapaculo-serrano					
Scytalopus iraiensis	macuquinho-da-várzea					EN
Psilorhamphus guttatus	tapaculo-pintado					NT
Família Formicariidae						
Chamaeza campanisona	tovaca-campainha					
Chamaeza meruloides	tovaca-cantadora	X				
Família Scleruridae						
Sclerurus scansor	vira-folha	X				
Família Dendrocolaptidae						
Dendrocincla turdina	arapaçu-liso	X				
Sittasomus griseicapillus	arapaçu-verde					
Xiphorhynchus fuscus	arapaçu-rajado	X				
Campylorhamphus fa-ularius	arapaçu-de-bico-torto	X				
Dendroplex picus	arapaçu-de-bico-branco					
Lepidocolaptes angustirostris	arapaçu-de-cerrado					
Lepidocolaptes squamatus	arapaçu-escamoso	X				
Dendrocolaptes platyrostris	arapaçu-grande					
Xiphocolaptes albicollis	arapaçu-de-garganta-branca					
Família Xenopidae						
Xenops minutus	bico-virado-miúdo					
Xenops rutilans	bico-virado-carijó					
Família Furnariidae						
Furnarius figulus	casaca-de-couro-da-lama					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Furnarius leucopus	casaca-de-couro-amarelo					
Furnarius rufus	joão-de-barro					
Lochmias nematura	joão-porca					
Automolus leucophthalmus	barranqueiro-de-olho-branco	X				
Anabazenops fuscus	trepador-coleira	X				
Anabacerthia lichtensteini	limpa-folha-ocráceo					
Philydor atricapillus	limpa-folha-coroado	X				
Philydor rufum	limpa-folha-de-testa-baia					
Syndactyla rufosuperciliata	trepador-quiete					
Phacellodomus rufifrons	joão-de-pau					
Phacellodomus ruber	graveteiro					
Phacellodomus erythrophthalmus	joão-botina-da-mata	X				
Phacellodomus ferrugineigula						
Anumbius annumbi	cochicho					
Certhiaxis cinnamomeus	curutié					
Synallaxis ruficapilla	pichororé	X				
Synallaxis cinerascens	pi-puí					
Synallaxis frontalis	petrim					
Synallaxis albescens	uí-pi					
Synallaxis spixi	joão-teneném					
Synallaxis scutata	estrelinha-preta					
Asthenes moreirae	garrincha-chorona	X				
Cranioleuca pallida	arredio-pálido	X				
Família Pipridae						
Neopelma pallescens	fruxu-do-cerradão					
Neopelma aurifrons	fruxu-baiano	X		VU		VU
Neopelma chrysolophum	fruxu	X				
Ceratopipra rubrocapilla	cabeça-encarnada					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Manacus manacus	rendeira					
Machaeropterus regulus	tangará-rajado			VU		
Dixiphia pipra	cabeça-branca					
Ilicura militaris	tangarazinho	X				
Chiroxiphia caudata	tangará	X				
Antilophia galeata	soldadinho					
Família Onychorhynchidae						
Myiobius atricaudus	assanhadinho-de-cauda-preta					
Myiobius barbatus	assanhadinho					
Família Tityridae						
Schiffornis virescens	flautim	X				
Schiffornis turdina	flautim-marrom		VU	VU		
Laniisoma elegans	chibante		VU	VU		NT
Tityra inquisitor	anambé-branco-de-bochecha-parda					
Tityra cayana	anambé-branco-de-rabo-preto					
Pachyramphus viridis	caneleiro-verde					
Pachyramphus castaneus	caneleiro					
Pachyramphus polychopterus	caneleiro-preto					
Pachyramphus marginatus	caneleiro-bordado					
Pachyramphus validus	caneleiro-de-chapéu-preto					
Família Cotingidae						
Carpornis cucullata	corocoxó		EN			NT
Phibalura flavirostris	tesourinha-da-mata		VU	VU		NT
Pyroderus scutatus	pavó	X				
Procnias nudicollis	araponga		EN			VU
Lipaugus lanioides	tropeiro-da-serra	X				NT

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Cotinga maculata	crejoá		CR	CR	CR	EN
Família Platyrinchidae						
Platyrinchus mystaceus	patinho					
Família Rhynchocyclidae						
Mionectes oleagineus	abre-asa					
Mionectes rufiventris	abre-asa-de-cabeça-cinza	X				
Leptopogon amaurocephalus	cabeçudo					
Corythopis delalandi	estalador			EN		
Phylloscartes ventralis	borboletinha-do-mato					
Rhynchocyclus olivaceus	bico-chato-grande		EN	VU		
Tolmomyias sulphurescens	bico-chato-de-orelha-preta					
Tolmomyias poliocephalus	bico-chato-de-cabeça-cinza					
Tolmomyias flaviventris	bico-chato-amarelo					
Todirostrum maculatum	ferreirinho-estriado					
Todirostrum poliocephalum	teque-teque	X				
Todirostrum cinereum	ferreirinho-relógio					
Poecilotriccus plumbeiceps	tororó					
Myiornis auricularis	miudinho	X				
Hemitriccus diops	olho-falso	X				
Hemitriccus orbitatus	tiririzinho-do-mato					
Hemitriccus nidipendulus	tachuri-campainha	X				
Família Tyrannidae						
Hirundinea ferruginea	gibão-de-couro					
Euscarthmus meloryphus	barulhento					
Tyranniscus burmeisteri	piolhinho-chiador					
Ornithion inerme	poiaeiro-de-sobrancelha					
Camptostoma obsoletum	risadinha					
Elaenia flavogaster	guaracava-de-barriga-amarela					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Elaenia chilensis	guaracava-de-crista-branca					
Elaenia parvirostris	tuque-pium					
Elaenia mesoleuca	tuque					
Elaenia cristata	guaracava-de-topete-uniforme					
Elaenia chiriquensis	chibum					
Elaenia obscura	tucão					
Myiopagis caniceps	guaracava-cinzenta					
Myiopagis viridicata	guaracava-de-crista-alaranjada					
Capsiempis flaveola	marianinha-amarela					
Phaeomyias murina	bagageiro					
Phyllomyias virescens	piolhinho-verdoso					
Phyllomyias fasciatus	piolhinho					
Polystictus superciliaris	papa-moscas-de-costas-cinzentas	CE				
Serpophaga subcristata	alegrinho					
Serpophaga nigricans	joão-pobre					
Attila rufus	capitão-de-saíra	X				
Attila spadiceus	capitão-de-saíra-amarelo			VU	VU	
Legatus leucophaius	bem-te-vi-pirata					
Myiarchus tuberculifer	maria-cavaleira-pequena					
Myiarchus swainsoni	irré					
Myiarchus ferox	maria-cavaleira					
Myiarchus tyrannulus	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado					
Sirystes sibilator	gritador					
Rhytipterna simplex	vissiá		VU			
Casiornis rufus	maria-ferrugem					
Pitangus sulphuratus	bem-te-vi					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Machetornis rixosa	suiriri-cavaleiro					
Myiodynastes maculatus	bem-te-vi-rajado					
Megarynchus pitangua	neinei					
Myiozetetes cayanensis	bentevizinho-de-asa-ferrugínea					
Myiozetetes similis	bentevizinho-de-penacho-vermelho					
Tyrannus albogularis	suiriri-de-garganta-branca					
Tyrannus melancholicus	suiriri					
Tyrannus savana	tesourinha					
Empidonomus varius	peitica					
Colonia colonus	viuvinha					
Myiophobus fasciatus	flipe					
Pyrocephalus rubinus	príncipe					
Fluvicola nengeta	lavadeira-mascarada					
Arundinicola leucocephala	freirinha					
Gubernetes yetapa	tesoura-do-brejo					
Cnemotriccus fuscatus	guaracavuçu					
Lathrotriccus euleri	enferrujado					
Contopus cinereus	papa-moscas-cinzento					
Knipolegus cyanirostris	maria-preta-de-bico-azulado					
Knipolegus lophotes	maria-preta-de-penacho					
Knipolegus nigerrimus	maria-preta-de-garganta-vermelha	X				
Satrapa icterophrys	suiriri-pequeno					
Xolmis cinereus	primavera					
Xolmis velatus	noivinha-branca					
Muscipipra vetula	tesoura-cinzenta	X				

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Família Vireonidae						
Cyclarhis gujanensis	pitiguari					
Hylophilus amaurocephalus	vite-vite-de-olho-cinza	X				
Hylophilus poicilotis	verdinho-coroado					
Hylophilus thoracicus	vite-vite					
Vireo olivaceus	juruviara-boreal					
Vireo chivi	juruviara					
Família Corvidae						
Cyanocorax cristatellus	gralha-do-campo	CE				
Família Hirundinidae						
Pygochelidon cyanoleuca	andorinha-pequena-de-casa					
Alopochelidon fucata	andorinha-morena					
Stelgidopteryx ruficollis	andorinha-serradora					
Progne tapera	andorinha-do-campo					
Progne subis	andorinha-azul					
Progne chalybea	andorinha-grande					
Tachycineta albiventer	andorinha-do-rio					
Tachycineta leucorrhoa	andorinha-de-sobre-branco					
Riparia riparia	andorinha-do-barranco					
Hirundo rustica	andorinha-de-bando					
Família Troglodytidae						
Troglodytes musculus	corruíra					
Pheugopedius genibarbis	garrinchão-pai-avô					
Família Donacobiidae						
Donacobius atricapilla	japacanim					
Família Polioptilidae						
Ramphocaenus melanurus	chirito					
Polioptila plumbea	balança-rabo-de-chapéu-preto					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Família Turdidae						
Turdus flavipes	sabiá-una					
Turdus leucomelas	sabiá-branco					
Turdus fumigatus	sabiá-da-mata			VU		
Turdus rufiventris	sabiá-laranjeira					
Turdus amaurochalinus	sabiá-poca					
Turdus subalaris	sabiá-ferreiro	X				
Turdus albicollis	sabiá-coleira					
Família Mimidae						
Mimus gilvus	sabiá-da-praia			EN		
Mimus saturninus	sabiá-do-campo					
Família Motacillidae						
Anthus lutescens	caminheiro-zumbidor					
Família Passerellidae						
Zonotrichia capensis	tico-tico					
Ammodramus humeralis	tico-tico-do-campo					
Arremon taciturnus	tico-tico-de-bico-preto					
Arremon semitorquatus	tico-tico-do-mato					
Arremon flavirostris	tico-tico-de-bico-amarelo					
Família Parulidae						
Setophaga pitiayumi	mariquita					
Geothlypis aequinoctialis	pia-cobra					
Basileuterus culicivorus	pula-pula					
Myiothlypis flaveola	canário-do-mato					
Myiothlypis leucoblephara	pula-pula-assobiador	X				
Myiothlypis rivularis	pula-pula-ribeirinho			CR		
Família Icteridae						
Psarocolius decumanus	japu					
Cacicus haemorrhous	guaxe					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Cacicus cela	xexéu					
Icterus cayanensis	inhapim					
Icterus pyrrhopterus	encontro					
Icterus jamacaii	corrupião					
Gnorimopsar chopi	pássaro-preto					
Anumara forbesi	anumará		CR		VU	EN
Agelasticus cyanopus	carretão					
Chrysomus ruficapillus	garibaldi					
Pseudoleistes guirahuro	chopim-do-brejo					
Molothrus oryzivorus	iraúna-grande					
Molothrus bonariensis	chupim					
Sturnella militaris	polícia-inglesa-do-norte					
Sturnella superciliaris	polícia-inglesa-do-sul					
Família Thraupidae						
Pipraeidea melanonota	saíra-viúva					
Cissopis leverianus	tietinga					
Schistochlamys ruficapillus	bico-de-veludo					
Paroaria dominicana	cardeal-do-nordeste					
Tangara mexicana	saíra-de-bando					
Tangara brasiliensis	cambada-de-chaves	X				
Tangara velia	saíra-diamante				VU	
Tangara seledon	saíra-sete-cores	X				
Tangara cyanoventris	saíra-douradinha	X				
Tangara desmaresti	saíra-lagarta	X				
Tangara sayaca	sanhaço-cinzento					
Tangara cyanoptera	sanhaço-de-encontro-azul					
Tangara palmarum	sanhaço-do-coqueiro					

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Tangara ornata	sanhaço-de-encontro-amarelo	X				
Tangara peruviana	saíra-sapucaia	X			VU	VU
Tangara cayana	saíra-amarela					
Nemosia pileata	saíra-de-chapéu-preto					
Conirostrum speciosum	fguinha-de-rabo-castanho					
Sicalis citrina	canário-rasteiro					
Sicalis flaveola	canário-da-terra					
Sicalis luteola	tipio					
Haplospiza unicolor	cigarra-bambu	X				
Chlorophanes spiza	saí-verde					
Hemithraupis flavicollis	saíra-galega					
Hemithraupis guira	saíra-de-papo-preto					
Hemithraupis ruficapilla	saíra-ferrugem	X				
Volatinia jacarina	tiziu					
Trichothraupis melanops	tiê-de-topete					
Coryphospingus pileatus	tico-tico-rei-cinza					
Lanio cristatus	tiê-galo					
Tachyphonus coronatus	tiê-preto	X				
Ramphocelus bresilius	tiê-sangue	X				
Ramphocelus carbo	pipira-vermelha					
Tersina viridis	saí-andorinha					
Cyanerpes cyaneus	saíra-beija-flor					
Dacnis cayana	saí-azul					
Coereba flaveola	cambacica					
Tiaris fuliginosus	cigarra-preta					
Sporophila lineola	bigodinho					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Sporophila frontalis	pixoxó		EN	CR	VU	VU
Sporophila collaris	coleiro-do-brejo					
Sporophila nigricollis	baiano					
Sporophila ardesiaca	papa-capim-de-costas-cinzas					
Sporophila caerulescens	coleirinho					
Sporophila albogularis	golinho					
Sporophila leucoptera	chorão					
Sporophila bouvreuil	caboclinho					
Sporophila angolensis	curió		CR	CR		
Embernagra platensis	sabiá-do-banhado					
Embernagra longicauda	rabo-mole-da-serra	CE				
Emberizoides herbicola	canário-do-campo					
Saltatricula atricollis	batuqueiro					
Saltator maximus	tempera-viola					
Saltator similis	trinca-ferro					
Saltator fuliginosus	bico-de-pimenta					
Microspingus cinereus	capacetinho-do-oco-do-pau					
Thlypopsis sordida	saí-canário					
Donacospiza albifrons	tico-tico-do-banhado					
Família Cardinalidae						
Piranga flava	sanhaço-de-fogo					
Habia rubica	tiê-de-bando					
Caryothraustes canadensis	furriel				EN	
Cyanoloxia glaucocaerulea	azulinho					
Cyanoloxia brissonii	azulão			CR		
Spiza americana	papa-capim-americano					
Família Fringillidae						
Spinus magellanicus	pintassilgo					
Euphonia chlorotica	fim-fim					

Táxon	Nome popular	Endemismo	Minas Gerais	Espírito Santo	Brasil	Mundo
Euphonia violacea	gaturamo					
Euphonia cyanocephala	gaturamo-rei					
Euphonia xanthogaster	fim-fim-grande					
Euphonia pectoralis	ferro-velho	X				
Chlorophonia cyanea	gaturamo-bandeira					
Família Estrildidae						
Estrilda astrild	bico-de-lacre					
Família Passeridae						
Passer domesticus	pardal					

institutos lactec
INOVADORES POR NATUREZA

Tabela 52 - Lista de espécies de mamíferos terrestres não voadores e voadores com potencialidade de ocorrência na área de abrangência do estudo com descrição dos táxons, nome popular, dieta, locomoção e endemismo (***sensu*** PAGLIA et al., 2012), e estado de conservação nos âmbitos estaduais de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2010) e Espírito Santo (PASSAMANI e MENDES, 2007), nacional (BRASIL, 2014) e mundial (IUCN, 2018).

Legenda: Dieta, Ca – carnívoro; Fr – frugívoro; Fo – folívoro; Go – gomívoro; Gr – granívoro; Hb – herbívoro pastador; He – hematófago; In – insetívoro; Myr – mirmecófago; Nec – nectarívoro; On – onívoro; Pc – planctófago; Ps – piscívoro; Se – predador de sementes; Te – teutófago. Locomação, Aq – aquático; Ar – arborícola; Fs – fossorial; SA – semi-aquático; Sc – escansorial; SF – semi-fossorial; Te – terrestre; Vo - voador.

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
DIDELPHIMORPHIA								
Familia Didelphidae								
Caluromys philander (Linnaeus, 1758)	cuíca-lanosa	Fr/On	Ar	N	-	-	-	-
Didelphis albiventris (Lund, 1840)	gambá, mucura	Fr/On	Sc	N	-	-	-	-
Didelphis aurita (Wied-Neuwied, 1826)	gambá, mucura	Fr/On	Sc	N	-	-	-	-
Gracilinanus agilis (Burmeister, 1854)	cuíca	In/On	Ar	N	-	-	-	-
Gracilinanus microtarsus (Wagner, 1842)	cuíca	In/On	Ar	S	-	-	-	-
Marmosa murina (Linnaeus, 1758)	catita, guaiquica	In/On	Sc	N	-	-	-	-
Marmosops incanus (Lund, 1840)	cuíca	In/On	Sc	S	-	-	-	-
Metachirus nudicaudatus (É. Geoffroy, 1803)	cuíca-de-quatro-olhos	In/On	Te	N	-	-	-	-
Micoureus demerarae (Thomas, 1905)	cuíca, catita	In/On	Ar	N	-	-	-	-
Micoureus paraguayanus (Tate, 1931)	cuíca, catita	In/On	Sc	N	-	-	-	-
Monodelphis domestica (Wagner, 1842)	cuíca, catita	In/On	Te	N	-	-	-	-
Monodelphis scalops (Thomas, 1888)	cuíca, catita	In/On	Te	N	-	-	-	-
Monodelphis americana (Müller, 1776)	cuíca, catita	In/On	Sc	N	-	-	-	-
Philander frenatus (Olfers, 1818)	cuíca-de-quatro-olhos	In/On	Sc	N	-	-	-	-
Philander opossum (Linnaeus, 1758)	cuíca-de-quatro-olhos	In/On	Sc	N	-	-	-	-
PILOSA								
Família Bradypodidae								
Bradypus torquatus (Illiger, 1811)	preguiça-de-coleira	Fo	Ar	S	-	EN	VU	VU

www.institutoslactec.org.br

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Bradypus variegatus (Schinz, 1825)	preguiça, bicho-preguiça	Fo	Ar	N	-	-	-	-
Família Myrmecophagidae								
Myrmecophaga tridactyla (Linnaeus, 1758)	tamanduá-bandeira	Myr	Te	N	VU	CR	VU	VU
Tamandua tetradactyla (Linnaeus, 1758)	tamanduá-de-colete, tamanduá-mirim	Myr	Sc	N	-	-	-	-
Família Dasypodidae								
Cabassous tatouay (Desmarest, 1804)	tatu-de-rabo-mole-grande	Myr	SF	N	-	DD	-	-
Cabassous unicinctus (Linnaeus, 1758)	tatu-de-rabo-mole	Myr	SF	N	-	-	-	-
Dasypus novemcinctus (Linnaeus, 1758)	tatu, tatu-galinha	In/On	SF	N	-	-	-	-
Dasypus septemcinctus (Linnaeus, 1758)	tatu, tatu-mulita	In/On	SF	N	-	DD	-	-
Euphractus sexcinctus (Linnaeus, 1758)	tatu-peludo, tatu-peba	In/On	SF	N	-	-	-	-
Priodontes maximus (Kerr, 1792)	tatu-canastra	Myr	SF	N	-	CR	VU	VU
PERISSODACTYLA								
Família Tapiridae								
Tapirus terrestris (Linnaeus, 1758)	anta	Hb/Fr	Te	N	EN	EN	VU	VU
ARTIODACTYLA								
Família Cervidae								
Mazama americana (Erxleben, 1777)	veado-mateiro	Fr/Hb	Te	N	-	-	-	DD
Mazama gouazoubira (G. Fischer, 1814)	veado-catingueir	Fr/Hb	Te	N	-	-	-	-
Família Tayassuidae								
Pecari tajacu (Linnaeus, 1758)	cateto, caititu	Fr/Hb	Te	N	VU	VU	-	-
Tayassu pecari (Link, 1795)	queixada, porco-do-mato	Fr/Hb	Te	N	CR	EN	VU	VU
PRIMATES								
Família Atelidae								
Alouatta guariba clamitans (Humboldt, 1812)	bugio-ruivo, guariba	Fo	Ar	N	VU	-	VU	-
Alouatta guariba guariba (Humboldt, 1812)	bugio-ruivo, guariba	Fr	Ar	N	CR	-	CR	-

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Brachyteles hypoxanthus (Kuhl, 1820)	muriqui-do-norte, mono-carvoeiro	Fr/Fo	Ar	S	EN	CR	CR	CR
Família Callitrichidae								
Callithrix aurita (É. Geoffroy, 1812)	sagüi-da-serra-escuro	Fr/In/Go	Ar	S	EN	-	EN	VU
Callithrix geoffroyi (Humboldt, 1812)	sagüi-de-cara-branca	Fr/In/Go	Ar	S	-	-	-	-
Callithrix flaviceps (Thomas, 1903)	sagüi-da-serra	Fr/In/Go	Ar	S	EN	EN	EN	EN
Callithrix penicillata (É. Geoffroy, 1812)	sagüi, mico-estrela	Fr/In/Go	Ar	S	-	-	-	-
Família Cebidae								
Sapajus robustus (Kuhl, 1820)	macaco-prego-de-crista	Fr/On	Ar	S	EN	VU	-	EN
Sapajus nigritus (Goldfuss, 1809)	macaco-prego	Fr/On	Ar	S	-	-	-	-
Família Pitheciidae								
Callicebus nigrifrons (Spix, 1823)	guigó, sauá	Fr/Fo	Ar	S	-	-	-	NT
Callicebus personatus (É. Geoffroy, 1812)	guigó, sauá	Fr/Fo	Ar	S	EN	VU	VU	VU
CARNIVORA								
Família Canidae								
Cerdocyon thous (Linnaeus, 1766)	cachorro-do-mato, graxaim, raposa	In/On	Te	N	-	-	-	-
Chrysocyon brachyurus (Illiger, 1815)	lobo-guará, guará	Ca/On	Te	N	VU	-	VU	NT
Lycalopex gymnocercus (G. Fischer, 1814)	graxaim, raposa-do-campo	Ca/On	Te	N	-	-	-	-
Família Felidae								
Leopardus pardalis (Linnaeus, 1758)	jaguatirica	Ca	Te	N	VU	VU	-	-
Leopardus guttulus Hensel, 1872	gato-do-mato-pequeno	Ca	Sc	N	VU	VU	EN	VU
Leopardus wiedii (Schinz, 1821)	gato-maracajá, maracajá	Ca	Sc	N	EN	VU	VU	NT
Panthera onca (Linnaeus, 1758)	onça-pintada	Ca	Te	N	CR	CR	VU	NT
Puma concolor (Linnaeus, 1771)	onça-parda, suçuarana, leão-baio	Ca	Te	N	VU	EN	VU	-

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Herpailurus yagouaroundi (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	jaguarundi, gato-mourisco	Ca	Te	N	-	-	VU	-
Família Mephitidae								
Conepatus semistriatus (Boddaert, 1785)	cangambá, jaritataca	In/On	Te	N	-	DD	-	-
Família Mustelidae								
Eira barbara (Linnaeus, 1758)	irara, papa-mel	Fr/On	Te	N	-	-	-	-
Galictis cuja (Molina, 1782)	furão	Ca	Te	N	-	-	-	-
Galictis vittata (Schreber, 1776)	furão	Ca	Te	N	-	-	-	-
Lontra longicaudis (Olfers, 1818)	lontra	Ca	Te	N	VU	-	-	NT
Família Procyonidae								
Nasua nasua (Linnaeus, 1766)	quati	Fr/On	Te	N	-	-	-	-
Potos flavus (Schreber, 1774)	jupará	Fr/On	Ar	N	EN	-	-	-
Procyon cancrivorus (G. Cuvier, 1798)	guaxinim, mão-pelada	Fr/On	Sc	N	-	-	-	-
CHIROPTERA								
Família Emballonuridae								
Peropteryx macrotis (Wagner, 1843)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Rhynchonycteris naso (Wied-Neuwied, 1820)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Saccopteryx leptura (Schreber, 1774)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Família Molossidae								
Molossus molossus (Pallas, 1766)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Molossus rufus (É. Geoffroy, 1805)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Família Noctilionidae								
Noctilio leporinus (Linnaeus, 1758)	morcego-pescador grande	Ps/In	Vo	N	-	-	-	-
Família Phyllostomidae								
Anoura caudifer (É. Geoffroy, 1818)	morcego beija-flor	Nec	Vo	N	-	-	-	-
Anoura geoffroyi (Gray, 1838)	morcego beija-flor	Nec	Vo	N	-	-	-	-
Artibeus cinereus (Gervais 1855)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Artibeus fimbriatus (Gray, 1838)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Artibeus lituratus (Olfers, 1818)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Artibeus obscurus (Schinz, 1821)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Artibeus planirostris (Spix, 1823)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Carollia brevicauda (Schinz, 1821)	morcego	Fr	Vo	N	-	VU	-	-
Carollia perspicillata (Linnaeus, 1758)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Chiroderma doriae (Thomas, 1891)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Chiroderma villosum (Peters, 1860)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Choeroniscus minor (Peters, 1868)	morcego beija-flor	Nec	Vo	N	EN	VU	-	-
Chrotopterus auritus (Peters, 1856)	morcego	Ca	Vo	N	-	-	-	-
Desmodus rotundus (É. Geoffroy, 1810)	morcego vampiro	He	Vo	N	-	-	-	-
Glossophaga soricina (Pallas, 1766)	morcego beija-flor	On	Vo	N	-	-	-	-
Lampronycteris brachyotis (Dobson, 1879)	morcego	In/Ca	Vo	N	-	VU	-	-
Lonchophylla mordax (Thomas, 1903)	morcego beija-flor	Nec	Vo	N	-	DD	-	NT
Lophostoma brasiliense (Peters, 1867)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Macrophyllum macrophyllum (Schinz, 1821)	morcego	In	Vo	N	-	DD	-	-
Micronycteris hirsuta (Peters, 1869)	morcego	In	Vo	N	-	VU	-	-
Micronycteris minuta (Gervais, 1856)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Mimon crenulatum (É. Geoffroy, 1803)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Phyllostomus discolor (Wagner, 1843)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Phyllostomus hastatus (Pallas, 1767)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Platyrrhinus lineatus (É. Geoffroy, 1810)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Plathyrrhinus recifinus (Thomas, 1901)	morcego	Fr	Vo	S	-	DD	-	-
Pygoderma bilabiatum (Wagner, 1843)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Rhinophylla pumilio (Peters, 1865)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Sturnira lilium (É. Geoffroy, 1810)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Sturnira tildae (de la Torre, 1959)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Trachops cirrhosus (Spix, 1823)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Trinycteris nicefori (Sanborn, 1949)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
Uroderma magnirostrum (Davis, 1968)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	-
Vampyressa pusilla (Wagner, 1843)	morcego	Fr	Vo	N	-	-	-	DD
Família Vespertilionidae								
Eptesicus diminutus (Osgood, 1915)	morcego	In	Vo	N	-	DD	-	-
Histiotus velatus (I. Geoffroy, 1824)	morcego	In	Vo	N	-	DD	-	DD
Myotis nigricans (Schinz, 1821)	morcego	In	Vo	N	-	-	-	-
LAGOMORPHA								
Família Leporidae								
Sylvilagus brasiliensis (Linnaeus, 1758)	coelho, tapeti	Hb	Te	N	-	-	-	-
RODENTIA								
Familia Caviidae								
Cavia fulgida (Wagler, 1831)	preá	Hb	Te	S	-	-	-	-
Hydrochaeris hydrochaeris (Linnaeus, 1766)	capivara	Hb	SA	N	-	-	-	-
Familia Cricetidae								
Abrawayaomys ruschii (Cunha & Cruz, 1979)	rato-do-mato	Fr/Gr	SF	N	VU	CR	-	-
Akodon cursor (Winge, 1887)	rato-do-chão	In/On	Te	S	-	-	-	-
Bibimys labiosus (Winge, 1887)	rato-do-chão	In/On	SF	N	-	-	-	-
Blarinomys breviceps (Winge, 1887)	rato-do-mato	In/On	SF	N	-	DD	-	-
Calomys sp.	rato-do-mato							
Calomys tener (Winge, 1887)	rato-do-chão	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-
Calomys callosus (Rengger, 1830)	rato-do-chão	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-
Calomys laucha (G. Fischer, 1814)	rato-do-chão	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-
Cerradomys subflavus (Wagner, 1842)	rato-do-mato	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-
Delomys dorsalis (Hensel, 1873)	rato-do-mato	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-
Euryzygomatomys spinosus (G. Fischer, 1814)	guirá	Hb	SF	N	-	-	-	-
Euryoryzomys russatus (Wagner, 1848)	rato-do-mato	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Holochilus sciureus (Wagner, 1842)	rato-d'água	Fr/Hb	SA	N	-	-	-	-
Hylaeamys laticeps (Lund, 1840)	rato-do-mato	Fr/Gr	Te	S	-	-	-	-
Hylaeamys megacephalus (G. Fischer, 1814)	rato-do-mato	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	-
Juliomys pictipes (Osgood, 1933)	rato-do-mato	Fr/Se	Ar	N	-	-	-	-
Necromys lasiurus (Lund, 1841)	rato-do-mato	Fr/On	Te	N	-	-	-	-
Nectomys squamipes (Brants, 1827)	rato-d'água	Fr/On	SA	N	-	-	-	-
Oecomys catherinae Thomas, 1909	rato-da-árvore	Fr/Se	Ar	S	-	-	-	-
Oecomys roberti (Thomas, 1904)	rato-da-árvore	Fr/Se	Ar	N	-	-	-	-
Oecomys trinitatis (J. A. Allen & Chapman, 1893)	rato-da-árvore	Fr/Se	Ar	N	-	-	-	-
Oligorizomys flavescens (Saussure, 1860)	rato-do-mato	Fr/Gr	Sc	N	-	-	-	-
Oxymycterus delator (Thomas, 1903)	rato-do-brejo	In/On	SF	N	-	-	-	-
Oxymycterus dasytrichus (Schinz, 1821)	rato-do-brejo	In/On	SF	S	-	-	-	-
Oligoryzomys sp.	rato-do-mato							
Oligoryzomys nigripes (Olfers, 1818)	rato-do-mato	Fr/Gr	Sc	N	-	-	-	-
Thaptomys nigrita (Lichtenstein, 1829)	rato-do-chão	In/On	Te	N	-	-	-	-
Rhipidomys mastacalis (Lund, 1840)	rato-da-árvore	Fr/Se	Ar	S	-	-	-	-
Familia Cuniculidae								
Cuniculus paca (Linnaeus, 1766)	paca	Fr/Hb	Te	N	-	-	-	-
Familia Dasyproctidae								
Dasyprocta azarae (Lichtenstein, 1823)	cutia	Fr/Gr	Te	N	-	-	-	DD
Dasyprocta leporina (Linnaeus, 1758)	cutia	Fr/Gr	Te	N	-	VU	-	-
Familia Echimyidae								
Kannabateomys amblyonyx (Wagner, 1845)	rato-da-taquara	Fo	Ar	N	-	CR	-	-
Mesomys hispidus (Desmarest, 1817)	rato-de-espinho	Fr/On	Ar	N	-	-	-	-
Phyllomys pattoni (Emmons, Leite, Kock & Costa, 2002)	rato-da-árvore	Fo	Ar	S	-	-	-	-

Táxon	Nome popular	Dieta	Locomoção	Endemismo	Estadual (MG)	Estadual (ES)	Federal	Mundial
Thricomys apereoides (Lund, 1839)	punaré, rabudo	Fr/Hb	Te	N	-	-	-	-
Thrinomys moojeni (Pessôa, Oliveira & Reis, 1992)	rato-de-espinho	Fr/Gr	Te	S	VU	-	-	EN
Trinomys iheringi (Thomas, 1911)	rato-de-espinho	Fr/Gr	Te	S	-	-	-	-
Trinomys setosus (Desmarest, 1817)	rato-de-espinho	Fr/Gr	Te	S	-	-	-	-
Familia Erethizontidae								
Chaetomys subspinosus (Olfers, 1818)	ouriço-preto, gandú	Fo/Fr	Ar	S	-	VU	-	VU
Coendou insidiosus (Lichtenstein, 1818)	ouriço-cacheiro	Fo/Fr	Ar	S	-	-	-	-
Coendou spinosus (F. Cuvier, 1823)	ouriço-cacheiro	Fr/Fo	Ar	N	-	-	-	-
Familia Sciuridae								
Guerlinguetus ingrami (Gmelin, 1788)	caxinguelê, esquilo	Fr/On	Sc	N	-	-	-	-
EXÓTICAS								
Rattus norvegicus (Berkenhout, 1769)	ratazana	On	Te	N	-	-	-	-
Rattus rattus (Linnaeus, 1758)	rato-preto	On	Te	N	-	-	-	-

ANEXOS

ANEXO A - CERTIFICADO DE ANÁLISE DE DRX DA ROCHA DA MINA ALEGRIA SUL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

UFPR

LAMIR

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MINERAIS E ROCHAS

Caixa Postal 19062 • 81.531-980 • Curitiba – PR • Tel. (41) 3361-3281 • Fax (41) 3361-3671 • www.lamir.ufpr.br • lamir@ufpr.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº. 2017-0781

1. SOLICITANTE
   LAME

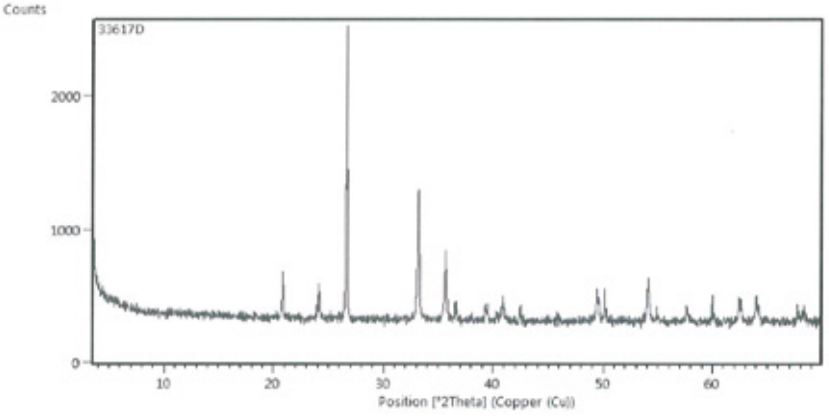
2. DATA DE EMISSÃO
   07/08/2017

3. TIPO(S) DE ENSAIO(S)
   Análise mineral qualitativa por difratometria de raios X
   OBS: Pó total prensado, Difratômetro PANalytical EMPYREAN.

4. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S)

Pelo solicitante	**Nº. LAMIR**
M	336/17D

5. RESULTADOS
   Difratograma:



OS RESULTADOS ANALÍTICOS REFEREM-SE APENAS ÀS AMOSTRAS ANALISADAS PELO LAMIR. REPRODUÇÕES DEVEM SER TOTAIS, REFERENCIANDO O NÚMERO DO CERTIFICADO. ESTA VIA ORIGINAL SÓ TEM VALIDADE QUANDO ACOMPANHADA DA CHANCELA DO LAMIR E RUBRICAS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO E DO COORDENADOR DO LABORATÓRIO.

Responsável Técnico:

Guilherme Fossato – Geólogo – CREA PR-161049/D

Coordenador:

Profa. Dra. Eleonora Maria Gouvêa Vasconcelos

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

UFPR

LAMIR

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MINERAIS E ROCHAS

Caixa Postal 19062 • 81.531-980 • Curitiba – PR • Tel. (41) 3361-3281 • Fax (41) 3361-3671 • www.lamir.ufpr.br • lamir@ufpr.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº. 2017-0781

Composição Mineralógica:

Mineral	Fórmula
Hematita[1]	Fe_2O_3
Quartzo[1]	SiO_2

[1] Mineral identificado por comparação com os padrões do ICDD *(International Centre for Diffraction Data)*.

- FINAL DO CERTIFICADO -

OS RESULTADOS ANALÍTICOS REFEREM-SE APENAS ÀS AMOSTRAS ANALISADAS PELO LAMIR. REPRODUÇÕES DEVEM SER TOTAIS, REFERENCIANDO O NÚMERO DO CERTIFICADO. ESTA VIA ORIGINAL SÓ TEM VALIDADE QUANDO ACOMPANHADA DA CHANCELA DO LAMIR E RUBRICAS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO E DO COORDENADOR DO LABORATÓRIO.

Responsável Técnico:

Guilherme Fedalto – Geólogo – CREA PR-161049/D

Coordenador:

Profa. Dra. Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos

ANEXO B - CERTIFICADO DE ANÁLISE DE FRX

ROCHA DA MINA ALEGRIA SUL

ENSAIO 336/17D do laudo do Lamir

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

UFPR

LAMIR

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MINERAIS E ROCHAS

Caixa Postal 19062 • 81.531-980 • Curitiba – PR • Tel. (41) 3361-3281 • Fax (41) 3361-3671 • www.lamir.ufpr.br • lamir@ufpr.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº. 2017-0795

1. SOLICITANTE
   LACTEC – LAME

2. DATA DE EMISSÃO
   07/08/2017

3. TIPO DE ENSAIO
   Análise química semiquantitativa por espectrometria de fluorescência de raios X
   OBS: Pó prensado, Espectrômetro PANalytical Axios Max.

4. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S)

Pelo solicitante	**Nº. LAMIR**
Amostra AM-01	336/17A
Amostra AM-03	336/17B
Amostra AM-03 Rx	336/17C
Amostra M	336/17D
Amostra AM-04	336/17E
Amostra AM-04A	336/17F
Amostra AM-05	336/17G
Amostra AM-06	336/17H

5. RESULTADOS
   Composição Química:

Amostra 336/17A	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	K_2O (%)	TiO_2 (%)	P_2O_5 (%)	MgO (%)	As_2O_3 (%)	MnO (%)	Cr_2O_3 (%)	SO_3 (%)	P.F. (%)
	75,0	16,4	3,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	4,23

Amostra 336/17B	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	P_2O_5 (%)	TiO_2 (%)	MnO (%)	SO_3 (%)	P.F. (%)
	88,1	5,1	0,8	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	5,63

Amostra 336/17C	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	P_2O_5 (%)	MnO (%)	SO_3 (%)	TiO_2 (%)	P.F. (%)
	87,2	1,1	0,5	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	10,98

Amostra 336/17D	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	P_2O_5 (%)	P.F. (%)
	64,9	33,8	0,7	< 0,1	0,44

OS RESULTADOS ANALÍTICOS REFEREM-SE APENAS ÀS AMOSTRAS ANALISADAS PELO LAMIR. REPRODUÇÕES DEVEM SER TOTAIS, REFERENCIANDO O NÚMERO DO CERTIFICADO. ESTA VIA ORIGINAL SÓ TEM VALIDADE QUANDO ACOMPANHADA DA CHANCELA DO LAMIR E RUBRICAS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO E DO COORDENADOR DO LABORATÓRIO.

Responsável Técnico:

Franciele O. Czervinski – Química – CRQ IX 09202385

Coordenador:

Profa. Dra. Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos

ANEXO C - CERTIFICADO DE ANÁLISE DE DRX DA ROCHA DA MINA ALEGRIA NORTE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

UFPR

LAMIR

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MINERAIS E ROCHAS

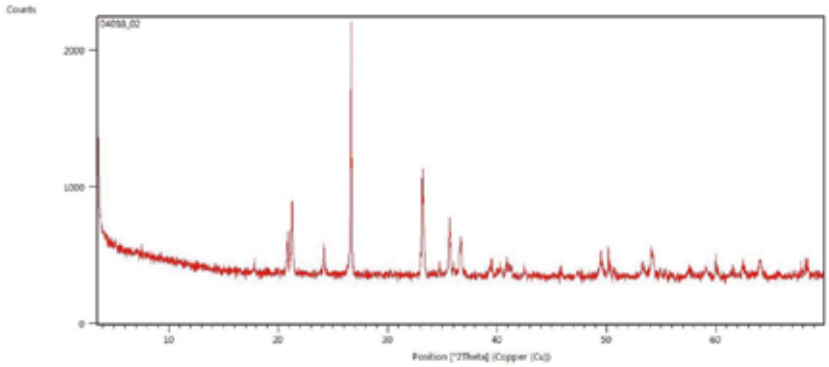
Caixa Postal 19062 • 81.531-980 • Curitiba – PR • Tel. (41) 3361-3281 • Fax (41) 3361-3671 • www.lamir.ufpr.br • lamir@ufpr.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE

Nº. 2018 040 DRX 02

Análise solicitada: Análise mineral qualitativa por difratometria de raios X, pó total prensado.		
Equipamento: Difratômetro PANalytical EMPYREAN.		
Solicitante: LAME	**Data de entrada:**	01/02/2018
	Data de emissão:	26/02/2018
Identificação da amostra pelo solicitante: 1.0057.18		**Nº LAMIR:** 040/18 02

Difratograma:



Composição Mineralógica:

Mineral	Fórmula
Hematita[1]	Fe_2O_3
Quartzo[1]	SiO_2
Goethita[1]	$Fe^{+3}O(OH)$

1 Mineral identificado por comparação com os padrões do ICDD *(International Centre for Diffraction Data)*.

- FINAL DO CERTIFICADO -

OS RESULTADOS ANALÍTICOS REFEREM-SE APENAS ÀS AMOSTRAS ANALISADAS PELO LAMIR. REPRODUÇÕES DEVEM SER TOTAIS, REFERENCIANDO O NÚMERO DO CERTIFICADO. ESTA VIA ORIGINAL SÓ TEM VALIDADE QUANDO ACOMPANHADA DA CHANCELA DO LAMIR E RUBRICAS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO E DO COORDENADOR DO LABORATÓRIO.

Responsável Técnico:

Guilherme Fedalto – Geólogo – CREA PR-161049/D

Coordenador Técnico:

Profa. Dra. Eleonora Maria Gouvêa Vasconcellos

institutos lactec
INOVADORES POR NATUREZA



www.institutoslactec.org.br

CONTATO

Leonardo Pussieldi Bastos
Divisão de Meio Ambiente
T + 55 (41) 3361-6882
leonardo.bastos@lactec.org.br

Rodovia BR-116, km 98, nº 8.813 | Jardim das Américas | CEP: 81531-980 | Curitiba – Paraná – Brasil