

PARECER/LACTEC-MA	Nº 25/2019
Data	25/10/2019

Para	Ministério Público Federal Força Tarefa Rio Doce Procuradoria da República do Estado de Minas Gerais – PRMG Excelentíssimo Procurador José Adércio Leite Sampaio Ref.: Procedimento PA nº 1.22.000.000307/2017-44
Assunto	Parecer técnico sobre a qualidade da água bruta e da água para o consumo humano

Referência: Parecer técnico sobre a avaliação da água bruta e da água para o consumo humano à luz dos padrões de qualidade estabelecidos no Brasil, tendo em vista as alterações ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG.

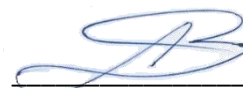
Exmo. Procurador José Adércio Leite Sampaio,

O INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO - INSTITUTOS LACTEC, pessoa jurídica de direito privado, constituído sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos, com sede na BR 116, km 98, nº. 8813, Centro Politécnico da UFPR, CEP: 81.531-980, Jardim das Américas, em Curitiba, Estado do Paraná, inscrito no CNPJ sob nº. 01715975/0001-69 está atuando junto ao Ministério Público Federal de Minas Gerais na posição de assessor técnico no tocante ao rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG. Vimos por meio deste apresentar parecer técnico sobre a avaliação da água bruta e da água para o consumo humano à luz dos padrões de qualidade estabelecidos no Brasil, tendo em vista as alterações ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG. Este parecer visa apresentar informações que subsidiem os processos de tomada de decisão, haja vista a necessidade iminente da compatibilização entre as condições de qualidade da água e os usos de recursos hídricos, bem como o atendimento dos fundamentos e objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos nº 9.433/1997.

Aproveito a oportunidade para renovar meus protestos de respeito e consideração.

Sem mais para o momento, nos colocamos à disposição para as informações que julgarem necessárias. Telefones de contato: Leonardo Pussieldi Bastos (Coordenador Geral do Diagnóstico Socioambiental - (41) 3361-6882 / 99102-8276).

Atenciosamente,



Leonardo Pussieldi Bastos

Coordenador do Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Rio Doce
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – INSTITUTOS LACTEC

Documento:	Parecer técnico sobre a avaliação da água bruta e da água para o consumo humano à luz dos padrões de qualidade estabelecidos no Brasil, tendo em vista as alterações ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG.	
Considerações Gerais:	Este documento refere-se à apresentação de resultados obtidos pelo Lactec a partir da avaliação de dados obtidos por outras instituições, ao longo da região acometida pelo desastre da Samarco	
Contrato:	4500173758 – Samarco/Lactec	
Solicitante:	Empresa:	Ministério Público Federal – FT Rio Doce
	CNPJ:	
	Endereço:	Rua Av. Brasil, 1877
	Bairro:	Savassi
	Cidade:	Belo Horizonte/MG
	CEP:	30140-007
	A/C:	FT – Rio Doce
	E-mail:	PRMG-FT-RioDoce@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 Meio Ambiente T + 55 (41) 3361-6882	

Autoria:

Equipe Técnica dos Institutos Lactec

Alcides Conte Neto, Estatístico
 Ana Carolina Canossa Becker, Eng.
 Ana Carolina Wosiack, M.Sc.
 Bruna Arcie Polli, D.Eng.
 Bruna Pereira de Souza, M.Eng.
 Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes, D.Eng.
 João Paulo Jankowski Saboia, M.Eng.
 Marianne Schaefer França Sieciechowicz, M.Eng.
 Nicole Machuca Brassac de Arruda, D.Sc.
 Thiago Carvalho de Mello, M.Eng.

Emitido por:


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

PARECER TÉCNICO nº 25

Ref.: Procedimento PA nº 1.22.000.000307/2017-44

Entidade de origem: Institutos Lactec

Responsável: Equipe técnica do Institutos Lactec

Assunto: Parecer técnico sobre a avaliação da água bruta e da água para o consumo humano à luz dos padrões de qualidade estabelecidos no Brasil, tendo em vista as alterações ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG.

A compatibilização entre as condições de qualidade da água e os usos de recursos hídricos é iminente, tendo em vista a necessidade do atendimento dos fundamentos e objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e os danos ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. Para isto, as condições atuais da qualidade da água devem ser avaliadas de forma integrada com os usos dos recursos hídricos que visam ser atendidos. Neste contexto, o presente documento apresenta informações que visam subsidiar processos de tomada de decisão.

No Brasil, em termos de legislação, os usos da água são contemplados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Esta dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos de acordo com os usos da água (atuais ou pretendidos), de modo que águas de melhor qualidade sejam destinadas a usos mais exigentes, enquanto águas de pior qualidade sejam destinadas a usos menos exigentes. Para as águas doces, são estabelecidas cinco classes: **classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4**, sendo a classe especial relacionada aos usos mais exigentes e a classe 4 aos usos menos exigentes. Os usos relacionados a estas cinco classes são:

- **Classe especial:** águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. Nesta classe, devem ser mantidas as condições naturais do corpo d'água e é vedado o lançamento de efluentes ou outros poluentes, mesmo que tratados conforme Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011).
- **Classe 1:** águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000 (BRASIL, 2000); à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de

frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

- **Classe 2:** águas destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional); à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000); à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.
- **Classe 3:** águas destinadas ao abastecimento para consumo humano (após tratamento convencional ou avançado); à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.
- **Classe 4:** águas destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Para que seja definida a classe a que pertence um corpo hídrico, aplica-se um dos instrumentos previstos na Lei nº 9.433/1997, denominado “enquadramento dos corpos de água”. O mesmo deve ser realizado considerando os usos preponderantes mais restritivos de acordo com a Resolução CONAMA nº 91/2008 (BRASIL, 2008). Os usos preponderantes dos recursos hídricos são aqueles que têm mais importância absoluta dentre os demais observados e existentes em uma dada bacia hidrográfica. O conceito de uso preponderante não envolve apenas aqueles usos com os maiores volumes captados, já que vários usos previstos nas classes de enquadramento são de caráter não consuntivo (ex.: recreação, preservação das comunidades aquáticas, pesca). Preponderar significa “ter mais influência ou importância, predominar, prevalecer”.

O instrumento em questão é de planejamento e consiste no estabelecimento de objetivo de qualidade a ser alcançado através de metas progressivas intermediárias visando o atendimento final da meta de qualidade da água, pactuada e aprovada no âmbito do Comitê de Bacia. Isto é, mesmo que o corpo hídrico esteja enquadrado em determinada classe, aceita-se que este objetivo seja atendido ao longo do horizonte de planejamento quer seja a curto/médio/longo prazo e não imediatamente. Tais metas intermediárias e final devem ser apresentadas através de um plano de ações, junto à proposta de enquadramento, considerando a viabilidade sob aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Além disso, o processo de enquadramento pode determinar classes diferenciadas por trecho de um mesmo corpo de água.

Deste modo, o enquadramento de corpos hídricos é um instrumento que visa a adequada gestão de recursos hídricos e é compatível com o planejamento ambiental, tendo em vista a sustentabilidade dos usos definidos na bacia hidrográfica. Portanto, não tem por objetivo inicial ser

um instrumento de comando e controle, pois planejamento não coaduna com “penalização” e/ou “interdição/proibição” de usos da água. Sendo assim, os padrões de qualidade de água apresentados na Resolução CONAMA nº 357/2005 são fundamentalmente referências para o estabelecimento do enquadramento. Entretanto, na resolução em questão indica-se a referência de qualidade da água para determinado conjunto de usos do recurso hídrico e a definição do padrão de qualidade de água aceitável visando seu atendimento.

Em relação à bacia do rio Doce, no **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce** (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010a; CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010b; CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c), foram elaborados o diagnóstico da bacia e o prognóstico dos recursos hídricos, com projeções para diferentes cenários, com definição de metas sugeridas para a bacia hidrográfica.

Neste contexto, foi proposto o enquadramento para o rio Doce e afluentes principais, considerando informações sobre os usos preponderantes da água, atuais e futuros, caracterização das principais interferências que afetam a disponibilidade e qualidade da água (uso do solo, consumos, lançamentos de esgotos, despejos industriais, fontes de poluição difusas e contaminantes), caracterização do estado atual e modelagem dos cenários futuros de qualidade da água e investimentos necessários para alcance das metas do enquadramento (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c).

O estudo de enquadramento proposto para o rio Doce, em 2010, considerou como parâmetros prioritários para a bacia: coliformes termotolerantes, fósforo, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c). No referido estudo, foram considerados parâmetros prioritários aqueles que apresentaram violações com os limites da classe 2 superiores a 20% nas campanhas avaliadas. Apesar da identificação de desconformidades acima de 20% para ferro e manganês, tais parâmetros foram excluídos pela relação com as características do solo da bacia (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c). Os cenários de modelagem futuros consideraram os parâmetros: DBO, fósforo total e coliformes termotolerantes (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c). O enquadramento proposto atribuiu as classes 1 e 2 para a maioria dos trechos dos rios da bacia (afluentes principais e rio Doce), classe especial para alguns trechos de cabeceira e classe 3 para um segmento de rio junto a cidade de Caratinga (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c). A classe 2 foi atribuída a calha do rio Doce (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010c). Contudo, a proposta de enquadramento não foi aprovada e o rio Doce não possui enquadramento atualmente.

De acordo com o artigo 42 da Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto não aprovado o enquadramento do corpo hídrico, as águas doces serão consideradas de classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores. Contudo, a referida resolução prevê que águas de

melhor qualidade podem ser aproveitadas para usos menos exigentes, desde que estes não prejudiquem a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Neste contexto, todas as avaliações apresentadas neste documento, relativas à adequabilidade da água bruta para os diferentes usos que se fazem desse recurso na área atingida pela onda de rejeitos provenientes da barragem de Fundão, foram consideradas em relação à classe 2.

Assim, mesmo que o não atendimento dos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 não tenha por objetivo a penalização dos usos da água, seus padrões foram utilizados como referência de qualidade de água.

Ao longo do trajeto percorrido pela lama de rejeitos, foram analisados dados dos seguintes parâmetros: manganês total, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, arsênio total, chumbo total, cádmio total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total, níquel total, sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT), turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes. No Apêndice A, foram listadas as bases de dados utilizadas para a presente avaliação. Deste modo, foram realizadas análises de conformidade com os limites dispostos para cada parâmetro de qualidade de água de acordo com os municípios em que as estações de amostragem estão localizadas. Além disso, foi calculado o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) (CCME, 2001), que permite avaliar o comportamento de diferentes parâmetros de qualidade de água em relação aos limites legislados de forma integrada. As referidas avaliações foram realizadas tanto para o período anterior à data de rompimento da barragem de Fundão quanto para o período pós-rompimento, considerando dados registrados até dezembro/2018. O detalhamento das análises realizadas encontra-se no Apêndice A, sendo aqui destacados os principais pontos das referidas avaliações.

Quanto à análise de conformidade, dadas as características do rejeito de Fundão, convém destacar que na presente avaliação foi priorizada a análise de parâmetros de qualidade de água relacionados às contribuições de sólidos e elementos potencialmente tóxicos (EPTs). Define-se como EPTs as espécies químicas metálicas ou semimetálicas, persistentes no meio, ou seja, que não se degradam facilmente e que permanecem por longo período de tempo no ambiente. São enquadrados nesta definição elementos essenciais ou não à biota, como por exemplo: arsênio, alumínio, cádmio, mercúrio, níquel, chumbo, cobre, cromo, manganês e ferro.

Antes do desastre ambiental da SAMARCO ocorrido em Mariana/MG, já se observavam desconformidades em relação aos padrões de qualidade de água da Resolução CONAMA nº 357/2005 nos corpos hídricos atingidos pela lama de rejeitos provenientes da barragem de Fundão. Contudo, em novembro/2015, com o aporte de 44 milhões de m³ de rejeitos minerários ao ambiente, que também promoveu o arraste de solo, vegetação e edificações, entre outros, bem como a disponibilização de

elementos depositados no leito dos rios, a frequência de ocorrência de não conformidades se elevou de modo expressivo. Inclusive, foram registradas desconformidades inéditas para alguns parâmetros de qualidade de água. Ou seja, em condições anteriores ao rompimento, não haviam sido registrados desacordos para determinados parâmetros em um período de monitoramento que chegou a compreender até 18 anos em algumas estações de amostragem do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), antes da data de 05/11/2015.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período imediatamente após o rompimento. Contudo, ainda foram observadas situações que indicaram que não houve o reestabelecimento das condições de linha-base, ou seja, retorno às condições ambientais anteriores ao desastre. Para que se possa ter uma ideia da condição atual, foi dado destaque ao ano de 2018.

No referido ano, ainda foram verificados percentuais de desconformidades superiores aqueles de linha-base principalmente no que se refere aos seguintes parâmetros: manganês total, ferro dissolvido e alumínio dissolvido. Ou seja, não conformidades para esses parâmetros se tornaram mais frequentes em relação à condição pré-rompimento. No trecho de rio compreendido entre os municípios de Barra Longa/MG (rio do Carmo) e Belo Oriente/MG (rio Doce), por exemplo, no ano de 2018 os desacordos para manganês total ocorreram entre 58% e 75% do tempo monitorado ao longo das estações de monitoramento avaliadas, quando antes essa variação era de 38% a 64%.

Para o ferro dissolvido, os percentuais de desconformidades variaram de 8% a 45% nesse mesmo trecho em 2018, quando antes a faixa de variação era de 0% a 20%. Para o alumínio dissolvido, os percentuais passaram de 14% a 19%, antes do rompimento, para 17% a 33%, em 2018. Nos municípios de Barra Longa/MG e Santa Cruz do Escalvado/MG, a frequência de ocorrência de não conformidades para o chumbo total no rio Doce, no período monitorado em 2018, também se apresentou mais elevada em relação à linha-base, passando de 3% a 8% e de 10% a 17%, respectivamente.

Na altura dos municípios de Fernandes Tourinho/MG e Periquito/MG, também se observou no período monitorado em 2018 aumento da frequência de ocorrência de desconformidades no rio Doce em relação à condição pré-rompimento principalmente para manganês total (de 10% para 17%), ferro dissolvido (de 7% para 42%) e alumínio dissolvido (de 3% para 8%). Seguindo o percurso do rio Doce, entre os municípios de Governador Valadares/MG e Aimorés/MG, de acordo com as estações de monitoramento avaliadas, os aumentos de frequência de desconformidades ocorreram principalmente para o ferro dissolvido (de 7% a 22% para 33% a 50%) e o alumínio dissolvido (de 10% a 24% para 33% a 58%), sendo que as não conformidades para o manganês total continuaram a ocorrer, mas em percentual próximo ao encontrado na condição pré-rompimento nesse trecho.

No estado do Espírito Santo, antes de 05/11/2015, o órgão ambiental não realizava análises que contemplassem espécies químicas metálicas ou semimetálicas. Desse modo, para a constituição de referencial de linha-base para esse trecho do rio Doce, visando se obter uma faixa de variação bem como ordem de valores que ocorriam previamente ao rompimento, foram utilizados dados de água bruta produzidos pelo Sanear Colatina, entre 2012 e 2015. Nesse contexto, em Linhares/ES, foram observados percentuais de desconformidade para o chumbo total em 8% do tempo monitorado em 2018, sendo que os dados do Sanear Colatina anteriores ao rompimento não haviam indicado não conformidade para esse parâmetro.

Em relação ao aporte de sólidos, em todos os trechos de rio avaliados no ano de 2018 ainda foi verificado um aumento de ocorrência de desacordos para a turbidez em relação à condição pré-rompimento. Antes do desastre, a frequência de ocorrência de não conformidades para a turbidez variava de 6% a 17% do período monitorado no trecho compreendido entre Barra Longa/MG e Linhares/ES. No período monitorado em 2018, essa variação subiu para 17% a 42%, sendo que os percentuais mais elevados foram registrados entre Barra Longa/MG e Belo Oriente/MG. Valores elevados de turbidez podem comprometer o processo de tratamento da água para o abastecimento público.

Na presente análise de conformidade, priorizou-se levantar alterações dado o evento do rompimento, contudo, é importante mencionar que no trecho de rio avaliado, além de desconformidades para manganês total, ferro dissolvido e alumínio dissolvido, as quais ocorreram em um percentual mais relevante, foram registradas em algum momento e local desacordos ainda para os EPTs chumbo total, cádmio total, zinco total e cobre dissolvido no ano de 2018. Em relação à linha-base, não conformidades para esses parâmetros já ocorriam em alguma proporção. Destaque se dá ao cádmio total, que antes do rompimento apresentava baixíssima frequência de ocorrência de não conformidade, tendo o percentual de desacordos se elevado entre novembro e dezembro/2015 e em 2018. Além disso, desacordos para coliformes termotolerantes são bastante frequentes no rio Doce e no rio do Carmo, resultados dos baixos níveis de tratamento de esgoto na região.

O índice de conformidade ao enquadramento (ICE) foi avaliado para se determinar a condição de conformidade da qualidade da água do corpo hídrico com relação aos padrões de qualidade de água para rios de classe 2 a partir de diferentes parâmetros de modo integrado. O ICE pode apresentar três classificações: conforme, afastado e não conforme. Na classificação “conforme”, a maioria ou a totalidade das medições estão dentro dos padrões de qualidade da água no período monitorado. Ressalta-se que, mesmo nesta classificação, aceitam-se desconformidades para um ou mais parâmetros de qualidade da água. Na classificação “afastado”, as observações estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água. E, na classificação “não conforme”, a maioria ou

a totalidade das observações está violando os limites legislados. Em termos de valores, o ICE varia no sentido que valores baixos indicam águas mais degradadas e valores altos indicam águas de melhor qualidade, que, no entanto, podem ainda apresentar não conformidades.

Para avaliação do ICE foram considerados: o período de pré-desastre, subdividido em períodos seco e chuvoso; os períodos de “novembro/2015” (desastre) e “dezembro/2015 a março/2016” (primeiro período chuvoso); e, a partir de então, entre abril/2016 e dezembro/2018 (último mês avaliado), períodos separados entre seco (abril a setembro) e chuvoso (outubro a março).

Na avaliação do ICE no período de pré-desastre, o período chuvoso apresentou ICE inferior em relação ao ICE do período seco, indicando que no período chuvoso a qualidade da água apresentava-se mais degradada. No entanto, em ambos os períodos, de uma forma geral, foi verificada a classificação “afastado” para o ICE.

Nos períodos de “novembro/2015” e de “dezembro/2015 a março/2016”, a classificação do ICE mostrou que a maioria ou a totalidade das observações de qualidade da água estavam em desconformidade com a legislação e, em tais períodos, a classificação do ICE foi “não conforme” na maioria das estações avaliadas. A partir de abril/2016, observou-se um aumento gradual dos valores do ICE.

Além disso, os períodos chuvosos apresentaram qualidade da água mais degradada em relação aos períodos secos, conforme observado também no período de pré-desastre. A classificação do ICE foi de “afastado” nos períodos chuvosos, na maioria das estações. Ressalta-se que, nos períodos chuvosos compreendidos entre outubro/2016 a março/2017 e outubro/2017 a março/2018, foram verificadas classificações “não conforme” em duas estações avaliadas, indicando uma piora na qualidade da água, conforme foi observado nos períodos mais próximos do período do desastre. A ocorrência de tais classificações, de forma isolada, mostra a importância da continuidade do monitoramento dos parâmetros de qualidade da água, especialmente nas estações de amostragem afetadas pela onda de lama de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão, tendo em vista que fatores externos, como cheias significativas, ainda não foram observados após o rompimento da barragem e podem ter influência relevante na piora da qualidade.

No parecer n. 23 dos Institutos Lactec, destacou-se que no período de novembro/2015 a dezembro/2018, as vazões registradas para as estações fluviométricas da calha do rio Doce apresentaram tempo de recorrência em torno de 2 anos, indicando que não ocorreram no período referido período vazões elevadas causadas principalmente por chuvas extremas. Além disso, o período seco de 2016 (abril a setembro) e o período chuvoso seguinte (outubro/16 a março/17) apresentaram, em geral, precipitação mais próxima da média e vazões um pouco mais altas. Este comportamento se repetiu nos meses seguintes em 2017 e 2018, indicando que o ciclo de secas da bacia pode estar se

encerrando, com a volta de maiores valores de precipitação e, consequentemente, valores mais elevados de vazão.

Nos períodos secos de pós-desastre avaliados, as classificações foram de “afastado” ou “conforme”, indicando que em tais períodos a qualidade da água é melhor, o que também foi observado no período seco do pré-desastre. Reitera-se que, mesmo na classificação “conforme” do ICE, podem ser verificadas desconformidades com a legislação para um ou mais parâmetros de qualidade da água.

Em consonância com o mencionado anteriormente, o rio Doce, bem como a grande maioria de seus afluentes, não se encontra enquadrado atualmente. Nesse contexto, as águas doces são consideradas classe 2 de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Sendo esta a condição, os resultados aqui apresentados indicam que a qualidade da água do rio Doce e do rio do Carmo, nos trechos estudados, não se mostra compatível aos usos pretendidos na classe 2. Desse modo, considerando que o enquadramento é um instrumento de planejamento, de modo a se compatibilizar a qualidade da água e os usos existentes e pretendidos, caberia levantar quais ações deveriam ser realizadas para que o enquadramento na classe 2 fosse atendido.

Todavia, o ideal é que a bacia do rio Doce seja efetivamente enquadrada, considerando seus diferentes trechos, que podem apresentar usos preponderantes da água diversos e outras peculiaridades, sendo necessário conhecer a realidade dos fatos. Além disso, diferentemente da primeira proposta de enquadramento da bacia do rio Doce, que considerou somente os parâmetros coliformes, fósforo, turbidez e DBO, deve ser considerada também a presença de espécies químicas metálicas ou semimetálicas. Mesmo o ferro e o manganês que possuem relação com a geologia e o solo da região, apresentam potencial tóxico em determinadas concentrações, assim como já demonstrado através dos levantamentos de dados apresentados no parecer n. 24 dos Institutos Lactec. Além disso, o ferro e o manganês apresentaram desconformidades frequentes na água em relação aos padrões da Resolução CONAMA nº 357/2005, conforme Apêndice A deste parecer. Dado o evento do rompimento, deve ser considerado também o expressivo aporte de rejeitos provenientes da barragem de Fundão, composto principalmente por manganês, ferro e alumínio.

Adicionalmente, seria de interesse a realização de estudos sobre efeitos de toxicidade da água sobre as culturas irrigáveis, o próprio solo e a dessedentação animal para os diferentes trechos do rio. Ainda sobre essa questão, na Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas doces de classe 1 e 2 não pode ser verificado efeito tóxico crônico a organismos, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido. Para águas de classe 3, não pode ser verificado efeito tóxico agudo. Porém, estudos realizados com a água do rio Doce apontaram a existência de toxicidade crônica, identificada pela redução da capacidade reprodutiva de

Ceriodaphnia dubia (IBAMA, 2016). Do mesmo modo, espécimes de peixe da espécie *Oreochromis niloticus* (VARGAS et al., 2016) e células humanas do epitélio do carcinoma hepatocelular (HepG2) e células vegetais de cebola (*Allium cepa*) (SEGURA et al., 2016) apresentaram efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos quando expostos a água e/ou elutriado de sedimentos de locais acometidos pelo desastre. Além disso, a exposição a amostras de água da calha do rio Doce, obtida de diferentes localidades afetadas pelo rompimento, desencadearam, mesmo após curto período de exposição, o acúmulo de EPTs (Zn>Fe>Al>Ba>Mn>Cu) em exemplares de peixes da espécie *Danio rerio* (SARTORI et al., 2017) e, em exemplares de anfíbios (JUNCÁ et al., 2017).

De acordo com ANA (2009), durante o processo de enquadramento, busca-se responder questões como:

- Quais os usos dos recursos hídricos (atuais e futuros) pretendidos pela sociedade para o corpo d'água?
- Qual a condição de qualidade atual do corpo d'água (classe de enquadramento)?
- Qual a classe de enquadramento necessária para atender os usos pretendidos? Ela é diferente da classe atual?
- Quais os parâmetros de qualidade da água são prioritários para atender aos usos pretendidos?
- Quais as fontes de poluição que causam a alteração desses parâmetros?
- Quais as ações necessárias para reduzir a poluição a nível compatível com os usos pretendidos?
- Quais os custos e o tempo necessário para implementação dessas ações? Quais as fontes de recursos?

A proposta de enquadramento do rio Doce, por ser um rio interfederativo, deve ser apresentada pela Agência Nacional de Águas ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (CBH-Doce). De acordo com a Lei nº 9.433/97, comitês de bacia são compostos por representantes da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos municípios, dos usuários e das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia. Entre as competências do comitê de bacia, destacam-se na referida lei, a promoção do debate das questões relacionadas a recursos hídricos e a articulação da atuação das entidades intervenientes, bem como a arbitragem, em primeira instância administrativa, dos conflitos relacionados aos recursos hídricos.

O enquadramento, quando aprovado, passa a ter força jurídica e integra-se aos demais instrumentos de comando-controle. A implementação do enquadramento precisa ser discutida de forma integrada com as mais variadas ações, em acordo com ANA (2009), e a seguir enumeradas:

- mecanismo de comando–controle: fiscalização das fontes poluidoras, aplicação de multas, outorga, termos de ajustamento de conduta;
- mecanismo de disciplinamento: zoneamento do uso do solo, criação de unidades de conservação, entre outros;
- mecanismos econômicos: cobrança pelo lançamento de efluentes e subsídios para redução da poluição, por exemplo.

As ações previstas no Programa de Efetivação são obrigatórias, sendo necessária a construção de vínculos efetivos entre os órgãos públicos e os agentes causadores da poluição. Em termos gerais, destacam-se os seguintes agentes e as respectivas ações (ANA, 2009):

- empresa de saneamento, prefeituras: melhoria na coleta e no tratamento dos esgotos domésticos e dos resíduos sólidos;
- indústrias/mineradoras: adoção/ampliação de sistemas de tratamento para redução das cargas poluidoras, recuperação de passivos ambientais;
- agricultores: implementação de boas práticas agrícolas, recuperação de áreas degradadas.

Esses vínculos podem ser definidos por vários instrumentos jurídicos públicos e privados, dentre os quais se incluem licenças, outorgas, convênios, zoneamentos e normas (ANA, 2009).

Ainda segundo o autor, um dos principais instrumentos para a implementação das metas de enquadramento é a celebração de Termo de Ajustamento de Conduta – TAC. O TAC é um instrumento administrativo, utilizado pelos órgãos públicos, em especial o Ministério Público – MP, para realizar acordos com quem está causando algum dano ao meio ambiente. No TAC, o agente causador do dano admite ter consciência do dano que está praticando contra o meio ambiente e se compromete, em espaço de tempo preestabelecido no próprio termo, deixar de causar dano ou recuperar o meio ambiente à sua forma original. Caso o agente provocador do dano não venha a cumprir o que foi determinado no TAC, o órgão público responsável tem o dever de submetê-lo a penalidades dispostas tanto no próprio termo de acordo quanto nas penalidades previstas.

As obrigações para a efetivação do enquadramento podem ser incluídas em TACs entre MP, gestores e usuários mediante ações judiciais articuladas com as estratégias do programa de efetivação. Tais acordos judiciais obrigatórios integram os órgãos gestores e os usuários em torno das metas de enquadramento. O acompanhamento das metas ao longo da efetivação do enquadramento é de fundamental importância. Nesse aspecto, o Comitê da Bacia tem papel central no sentido de cobrar que as metas pactuadas sejam seguidas por todos os atores envolvidos. O Conselho de Recursos Hídricos deve acompanhar a efetivação dos enquadramentos por meio do monitoramento realizado pelos órgãos de meio ambiente e de recursos hídricos.

Também deve haver acordo sobre o critério de atendimento da meta. Para as substâncias tóxicas, alguns países consideram que a meta foi alcançada se pelo menos 90% de todas as medições em período de três anos estiverem em conformidade com o limite da classe ou se o valor médio da concentração da substância for menor ou igual à metade do valor limite do parâmetro (HELMER; HESPANHOL, 1997). De acordo com os autores, essa abordagem é seguida, por exemplo, pela Diretiva do Conselho da União Europeia (EU Council Directive 86/280/EEC).

O enquadramento deve ser um processo cíclico, no qual periodicamente as metas são reavaliadas e ajustadas. Desse modo, o enquadramento deve ser visto como algo dinâmico, ajustável às mudanças técnicas, econômicas e sociais.

No tocante ao abastecimento público, uso mais nobre da água, de forma geral as principais desconformidades da água para o consumo humano em relação à Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) ocorreram para a turbidez e para os EPTs alumínio, cádmio, ferro e manganês, sendo estes os elementos que apresentaram as maiores porcentagens de amostras com valores acima da legislação e por maiores períodos de tempo durante as avaliações. Contudo, valores desconformes no tocante ao chumbo também foram verificados em 2015, de modo pontual. A avaliação das desconformidades foi realizada através de laudos de qualidade da água emitidos por laboratórios contratados pela Samarco/Fundação Renova, mais especificamente no ponto de distribuição das ETAs impactadas, conforme detalhado no Apêndice A.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) de Itapina teve o maior número de não conformidades dentre todas as ETAs avaliadas no período pós-desastre, onde foram registradas 27 desconformidades para o manganês, sendo 21 somente em 2017, 12 para o alumínio e 4 para o cádmio, entre 2016 e 2017. As amostras da água distribuída no município de Belo Oriente (distrito de Cachoeira Escura) também apresentaram resultados acima do valor máximo permitido (VMP), sendo registradas uma desconformidade para o chumbo e uma para o cromo, em 2015. Neste ano também houve a ocorrência de valores de chumbo acima do VMP em duas amostras coletadas na ETA de Galileia. Além desses locais, valores acima da legislação para cádmio foram encontrados nas ETAs de Alpercata, Galileia, Tumiritinga e nas ETAs de Governador Valadares (Recantos dos Sonhos, Santa Rita, São Vitor, Vila Isa e Central), em 2016. Portanto, segundo os laudos laboratoriais, os maiores valores em desconformidade com a legislação para água potável foram encontrados nos anos de 2015 e 2016, sendo este o período mais próximo do desastre. Porém, valores acima do VMP também ocorreram em 2017. Neste período (2017), foram verificados valores desconformes para ferro, manganês e alumínio, principalmente, em Colatina, Belo Oriente e no IFES de Itapina.

É fundamental ressaltar que os resultados obtidos são válidos apenas para a concepção de um panorama geral da qualidade da água para o consumo humano, pois o número de amostragens realizadas pela Samarco/Fundação Renova foi pequeno em algumas localidades e bastante irregular entre os anos, dificultando assim a obtenção de conclusões finais. Atualmente, a água proveniente do rio Doce está sendo tratada pelos sistemas de abastecimento de água presentes nas localidades afetadas. Todavia, há grandes dificuldades de tratamento nos períodos chuvosos (outubro a março), pois os sólidos presentes nos sedimentos no leito dos rios são novamente disponibilizados para a coluna de água, aumentando a turbidez e a concentração de EPTs na água, além disso há de se considerar também outros aportes advindos de montante. Entretanto, deve-se ponderar que no período próximo ao desastre houve a interrupção do abastecimento por muitas ETAs e não necessariamente a água com valores superiores ao VMP foi distribuída para as comunidades, cabendo uma verificação junto às operadoras dos sistemas de tratamento.

Dessa maneira, recomenda-se que deve ser mantido o monitoramento da qualidade da água tratada para o consumo humano, pela Samarco/Fundação Renova, com análises regulares, minimamente mensais para o período seco e semanais para o período chuvoso, considerando todos os parâmetros estabelecidos na Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05, em todos os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) impactados pelo rompimento da barragem.

Convém destacar que de acordo com a referida portaria, a frequência de monitoramento para o controle da qualidade da água de sistemas de abastecimento que vise a análise de espécies metálicas ou semimetálicas é minimamente semestral, o que pode ser insuficiente dado o cenário apresentado.

Por fim, para os municípios e distritos que apresentem qualidade da água para o consumo humano com maior número de não conformidades durante o monitoramento, sugere-se avaliar a implementação de tecnologias que deem suporte ao sistema de tratamento, com o objetivo de garantir uma água de boa qualidade e segura para as populações.

É o parecer.

APÊNDICE A

Avaliação da qualidade da água bruta e da água para consumo humano à luz dos padrões de qualidade do Brasil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das estações de amostragem de água avaliadas	12
Figura 2 – Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD071)	17
Figura 3 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD072)	19
Figura 4 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD019)	21
Figura 5 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD023)	23
Figura 6 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD035)	25
Figura 7 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD033)	27
Figura 8 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD083)	29
Figura 9 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD044)	31
Figura 10 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD045)	33
Figura 11 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD053)	35
Figura 12 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD058)	37
Figura 13 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD059)	39
Figura 14 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD067)	41
Figura 15 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (P2) .	43
Figura 16 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (P4) .	45
Figura 17 – Índice de conformidade ao enquadramento (ICE) em relação à classe 2, avaliado para os períodos secos e chuvosos, considerando os períodos de pré e pós-desastre.	51

Figura 18 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Belo Oriente.	61
Figura 19 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	62
Figura 20 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Pedra Corrida.	63
Figura 21 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	64
Figura 22 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Alpercata.	65
Figura 23 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	65
Figura 24 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA Central de Governador Valadares.	66
Figura 25 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	67
Figura 26 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA São Vitor de Governador Valadares.....	68
Figura 27 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	68
Figura 28 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA Vila Isa de Governador Valadares.	69
Figura 29 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	70
Figura 30 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA Recanto dos Sonhos de Governador Valadares.	71
Figura 31 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	71
Figura 32 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Galileia.....	72
Figura 33 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	73
Figura 34 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de	

Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Tumiritinga.	74
Figura 35 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	74
Figura 36 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Ituaeta.	75
Figura 37 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	76
Figura 38 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA do distrito de Santo Antônio do Rio Doce, no município de Aimorés.	77
Figura 39 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	77
Figura 40 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA do IFES de Itapina.....	78
Figura 41 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	79
Figura 42 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA I de Colatina.	80
Figura 43 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	80
Figura 44 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA II de Colatina.	81
Figura 45 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	82
Figura 46 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA IV de Colatina.	83
Figura 47 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Detalhamento das estações de amostragem de qualidade de água.....	11
Tabela 2 – Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.....	13
Tabela 3 – Classificação do ICE. Adaptado de Amaro e Porto (2009)	15
Tabela 4 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD071)	18
Tabela 5 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD072)	20
Tabela 6 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD019)	22
Tabela 7 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD023)	24
Tabela 8 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD035)	26
Tabela 9 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD033)	28
Tabela 10 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD083) ..	30
Tabela 11 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD044) ..	32
Tabela 12 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD045) ..	34
Tabela 13 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD053) ..	36
Tabela 14 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD058) ..	38
Tabela 15 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD059) ..	40
Tabela 16 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD067) ..	42
Tabela 17 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (P2)	44
Tabela 18 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (P4)	46
Tabela 19 - Localidades que tiveram seus sistemas de abastecimento impactados em decorrência do rompimento da barragem de Fundão.....	52
Tabela 20 - Padrão microbiológico para a água para consumo humano.....	53
Tabela 21 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde	54
Tabela 22 - Padrão de turbidez para a água após etapa de filtração.....	56
Tabela 23 – Padrão organoléptico de potabilidade para consumo humano.....	56
Tabela 24 - Padrão de radioatividade da água para consumo humano	57
Tabela 25 - Padrão de cianotoxinas da água para consumo humano	57

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	8
2	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA À LUZ DOS PADRÕES ESTABELECIDOS NA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005	8
3	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS DADOS	8
3.1	Localidades avaliadas	9
3.2	Parâmetros de qualidade da água	13
3.3	Avaliação do percentual de desconformidades	14
3.4	Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)	15
4	RESULTADOS	16
4.1	Percentual do tempo monitorado em desconformidade	16
4.1.1	Barra Longa/MG.....	16
4.1.2	Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado/MG.....	18
4.1.3	São Domingos do Prata/MG	20
4.1.4	Marliéria e Pingo d'Água/MG	22
4.1.5	Santana do Paraíso/MG	24
4.1.6	Belo Oriente e Bugre/MG	26
4.1.7	Fernandes Tourinho e Periquito/MG.....	28
4.1.8	Governador Valadares/MG.....	30
4.1.9	Galiléia e Tumiritinga/MG.....	34
4.1.10	Conselheiro Pena/MG	36
4.1.11	Resplendor/MG	38
4.1.12	Aimorés/MG e Baixo Guandu/ES	40
4.1.13	Colatina/ES	42
4.1.14	Linhares/ES.....	44
4.2	Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)	46

5	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO À LUZ DOS PADRÕES ESTABELECIDOS NO ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO DO MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 05/2017	52
6	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS DADOS	52
6.1	Localidades avaliadas	52
6.2	Parâmetros de qualidade da água	53
6.3	Avaliação de desconformidades	58
7	RESULTADOS	60
7.1	Belo Oriente/MG – distrito de Cachoeira Escura	61
7.2	Pedra Corrida/MG	62
7.3	Alpercata/MG	64
7.4	Governador Valadares/MG	66
7.4.1	ETA Central.....	66
7.4.2	ETA São Vitor.....	67
7.4.3	ETA Vila Isa	69
7.4.4	ETA Recanto dos Sonhos.....	70
7.5	Galileia/MG	72
7.6	Tumiritinga/MG.....	73
7.7	Itueta/MG.....	75
7.8	Aimorés/MG – distrito de Santo Antônio do Rio Doce	76
7.9	IFES de Itapina/ES.....	78
7.10	Colatina/ES	79
7.10.1	ETA I.....	79
7.10.2	ETA II.....	81
7.10.3	ETA IV	82
8	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	84

1 APRESENTAÇÃO

No presente apêndice é apresentado o detalhamento das análises realizadas acerca da qualidade da água bruta e para o consumo humano de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos no Brasil considerando o rompimento da barragem de rejeitos minerários de Fundão, em Mariana/MG, no dia 05 de novembro de 2015.

Dadas as suas especificidades, primeiramente é apresentado o detalhamento da análise para a água bruta (itens 2 a 4) e então para a água para o consumo humano (itens 5 a 7).

2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA À LUZ DOS PADRÕES ESTABELECIDOS NA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005

A necessidade da compatibilização entre as condições de qualidade da água e os usos de recursos hídricos é iminente, tendo em vista o atendimento dos fundamentos e objetivos da Lei das águas (Lei nº 9.433/1997) e os danos ambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. Para isto, tanto as condições da qualidade da água bem como os usos de recursos hídricos devem ser avaliadas de modo integrado.

Neste contexto, o Lactec apresenta nos itens a seguir a base metodológica e os resultados que embasaram o parecer técnico no tocante à avaliação da água bruta, considerando os padrões de qualidade da Resolução CONAMA nº 357/2005. Como base metodológica são apresentados os locais e períodos avaliados, os parâmetros de qualidade da água, dos quais foram avaliados principalmente parâmetros relacionados ao aporte de sólidos e elementos potencialmente tóxicos, dadas as características do rejeito de Fundão. Para a avaliação da adequabilidade da água para seus diferentes usos, foram calculados o percentual de desconformidades dos parâmetros de qualidade da água e o índice de conformidade ao enquadramento.

3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS DADOS

No tocante à avaliação dos dados de água, mesmo que o não atendimento dos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 não implique na interdição dos usos da água, seus padrões foram utilizados como referência de qualidade de água. Deste modo, os dados de qualidade de água foram avaliados principalmente em relação aos limites dispostos para rios de classe 2. A análise de conformidade com os limites dispostos foi realizada para cada parâmetro de qualidade de água de acordo com os municípios em que as estações de amostragem estão localizadas.

Além disso, foi calculado o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), que permite avaliar o comportamento de diferentes parâmetros de qualidade de água em relação aos limites legislados, mas de forma integrada.

As referidas avaliações foram realizadas tanto para o período pré-desastre (anterior à data de rompimento da barragem de Fundão) quanto para o período pós-rompimento (posterior à data de rompimento da barragem de Fundão).

3.1 Localidades avaliadas

Na presente avaliação, foram utilizados dados de estações de monitoramento de qualidade de água que fizeram parte do trajeto percorrido pela lama de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão, localizadas no estado de Minas Gerais e do Espírito Santo, apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1, a seguir.

Nesse contexto, foram utilizados dados de monitoramento de qualidade de água de diversas fontes distintas visando maior cobertura espacial e temporal, quais sejam: (i) do Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), responsável pelo monitoramento dos rios da bacia hidrográfica do rio Doce no trecho mineiro; (ii) do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), que monitorou o rio Doce no estado do Espírito Santo; (iii) do Serviço Colatinense de Saneamento Ambiental (Sanear Colatina), que também faz a avaliação da qualidade da água bruta do rio Doce (antes de seu tratamento visando o abastecimento público) no município de Colatina/ES; (iv) e da Fundação Renova, responsável pelo monitoramento de diversos pontos e corpos hídricos na bacia do rio Doce. As citadas fontes de dados foram utilizadas conforme abaixo e detalhadas na Tabela 1:

1. IGAM – No estado de Minas Gerais, o referido instituto já realizava o monitoramento da bacia do rio Doce antes do rompimento da barragem de Fundão, sendo que em algumas de suas estações a avaliação teve início em 1997. Após o desastre, o IGAM intensificou o monitoramento nos primeiros meses, com coletas diárias em novembro/2015, que passaram a ser semanais em dezembro/2015 e então quinzenais em janeiro/2016. A partir de outubro/2016, a periodicidade adotada passou a ser mensal, sendo que em alguns períodos os eventos de coleta foram intensificados. No total, foram avaliados dados de 13 estações de monitoramento do IGAM.
2. IEMA - No estado do Espírito Santo, o monitoramento do rio Doce ocorreu entre 1999 e 2010 e envolvia as variáveis utilizadas para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura da água, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais), ou seja, não contemplava elementos potencialmente tóxicos (EPTs), como metais e não metais. Após a ruptura da barragem de Fundão, em 05/11/2015, o IEMA monitorou o rio Doce entre novembro/2015 e agosto/2016. No total, foram avaliados dados de 2 estações de monitoramento do IEMA (P2 e P4).

3. Sanear Colatina – Em relação ao período pré-desastre, o Serviço Colatinense de Saneamento Ambiental monitorou o rio Doce, entre 2012 e 2015, em três pontos de captação de água bruta, no município de Colatina/ES. Assim, os dados de concentração de EPTs na água do Sanear Colatina foram utilizados para a constituição de referencial de linha-base para o estado do Espírito Santo, visando se obter uma faixa de variação bem como ordem de valores que ocorriam previamente ao rompimento. Também foram utilizados os dados de sólidos dissolvidos totais, visto que o IEMA não monitorou tal variável antes do rompimento da barragem de Fundão.
4. Fundação Renova – Na presente avaliação, os dados gerados pela Samarco e Fundação Renova foram utilizados principalmente com o objetivo de preencher lacunas de dados do IGAM e do IEMA. Em Minas Gerais, utilizaram-se dados do monitoramento ocorrido no mês de novembro/2015 na estação “RCA 02” (rio do Carmo) para preencher lacunas nas estações do IGAM “RD071” (rio do Carmo), visto que nessa estação o IGAM iniciou o monitoramento mais para o final do mês de novembro/2015. O intuito foi o de verificar possíveis alterações iniciais que o órgão ambiental não tenha tido tempo hábil de constatar. No Espírito Santo, utilizaram-se dados das estações “RDO 12” e “RDO 15” para o preenchimento da série de dados das estações “P2” e “P4” do IEMA, respectivamente, visto que a partir de agosto/2016, o IEMA encerrou suas atividades de monitoramento no rio Doce.

A Tabela 1 apresenta, ainda, os municípios nos quais as estações de monitoramento estão localizadas, a distância das estações de monitoramento em relação à barragem de Fundão e os períodos de monitoramento. Estes períodos foram subdivididos em períodos de linha-base (ou pré-desastre), que compreendem todas as observações no período anterior ao desastre, e de pós-desastre, que compreendem os três anos posteriores ao rompimento da barragem de Fundão (até dezembro/2018). Na Figura 1, é apresentada a localização das estações de amostragens ao longo do caminho percorrido pela lama de rejeitos, de acordo com a fonte de dados utilizada para avaliação.

Os resultados deste documento são apresentados por municípios nos quais as estações de monitoramento estão localizadas.

Tabela 1 – Detalhamento das estações de amostragem de qualidade de água

Corpo hídrico	Estação amostral	Descrição	Município	Latitude	Longitude	Distância até a barragem de Fundão	Fonte	Período de monitoramento (linha-base)	Período de monitoramento (pós-desastre)
Rio do Carmo	RD071	Após a confluência com o rio Gualaxo do Norte	Barra Longa/MG	20° 16' 58,0"	43° 01' 56,00"	74 km	IGAM	out/08 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD072	Próximo à ponte da BR-120	Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado/MG	20°14'52.19"	42°53'7.84"	95 km	IGAM	out/08 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD019	Próximo à ponte da BR-262	São Domingos do Prata/MG	20° 0'52.78"	42°44'40.67"	152 km	IGAM	set/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD023	Próximo à ponte queimada, na região do Parque Estadual do Rio Doce	Marliéria e Pingo d'Água/MG	19°44'57.12"	42°28'41.52"	207 km	IGAM	set/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD035	Após a confluência com o rio Piracicaba	Santana do Paraíso/MG	19°29'24.00"	42°29'24.00"	250 km	IGAM	ago/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD033	Próximo ao distrito de Perpétuo Socorro	Belo Oriente e Bugre/MG	19°19'14.88"	42°21'52.20"	279 km	IGAM	jul/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD083	A montante da barragem da UHE Baguari	Fernandes Tourinho e Periquito/MG	19° 5'44.16"	42° 9'18.00"	321 km	IGAM	jul/08 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD044	Próximo à ponte da rodovia Rio-Bahia	Governador Valadares/MG	18°52'58.44"	41°57'3.60"	358 km	IGAM	fev/00 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD045	Próximo ao distrito de Derribadinha	Governador Valadares/MG	18°51'39.60"	41°49'39.72"	373 km	IGAM	jul/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD053	Próximo ao centro urbano de Tumiritinga	Galiléia e Tumiritinga/MG	18°58'28.56"	41°38'31.20"	400 km	IGAM	set/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD058	Próximo ao centro urbano de Conselheiro Pena	Conselheiro Pena/MG	19° 9'55.44"	41°28'0.12"	435 km	IGAM	fev/00 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD059	Próximo ao centro urbano de Resplendor	Resplendor/MG	19°20'60.00"	41°14'24.00"	470 km	IGAM	set/97 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	RD067	A montante da confluência com o rio Guandu	Aimorés/MG e Baixo Guandu/ES	19°30'21.78"	41° 0'50.11"	505 km	IGAM	mar/98 - out/15	nov/15 - dez/18
Rio Doce	P2/RDC1E010 ^a	No distrito de Itapina	Colatina/ES	19°31'41.02"	40°48'46.01"	540 km	IEMA	mai/99 - nov/15	nov/15 - ago/16
Rio Doce	RDO 12 ^a	7 km a jusante de P2	Colatina/ES	19°29'57.44"	40°45'31.46"	547 km	Fundação Renova	SD	ago/16 - dez/18
Rio Doce	ETA I ¹	Bairro Marista	Colatina/ES	19°32'13.62"	40°38'32.21"	578 km	Sanear Colatina	jun/12 – out/15	não utilizado
Rio Doce	ETA II ¹	Bairro São Braz	Colatina/ES	19°31'48.50"	40°38'12.16"	579 km	Sanear Colatina	jun/12 – out/15	não utilizado
Rio Doce	ETA IV ¹	Bairro Columbia	Colatina/ES	19°31'54.49"	40°42'24.66"	570 km	Sanear Colatina	dez/13 – out/15	não utilizado
Rio Doce	P4/RDC1D025 ^b	Próximo à ponte Joaquim Calmon	Linhares/ES	19°24'38.02"	40° 3'54.00"	626 km	IEMA	mai/99 – nov/15	nov/15 - ago/16
Rio Doce	RDO 15 ^b	Próximo à ponte Joaquim Calmon	Linhares/ES	19°24'28.08"	40° 3'52.45"	626 km	Fundação Renova	SD	ago/16 - dez/18

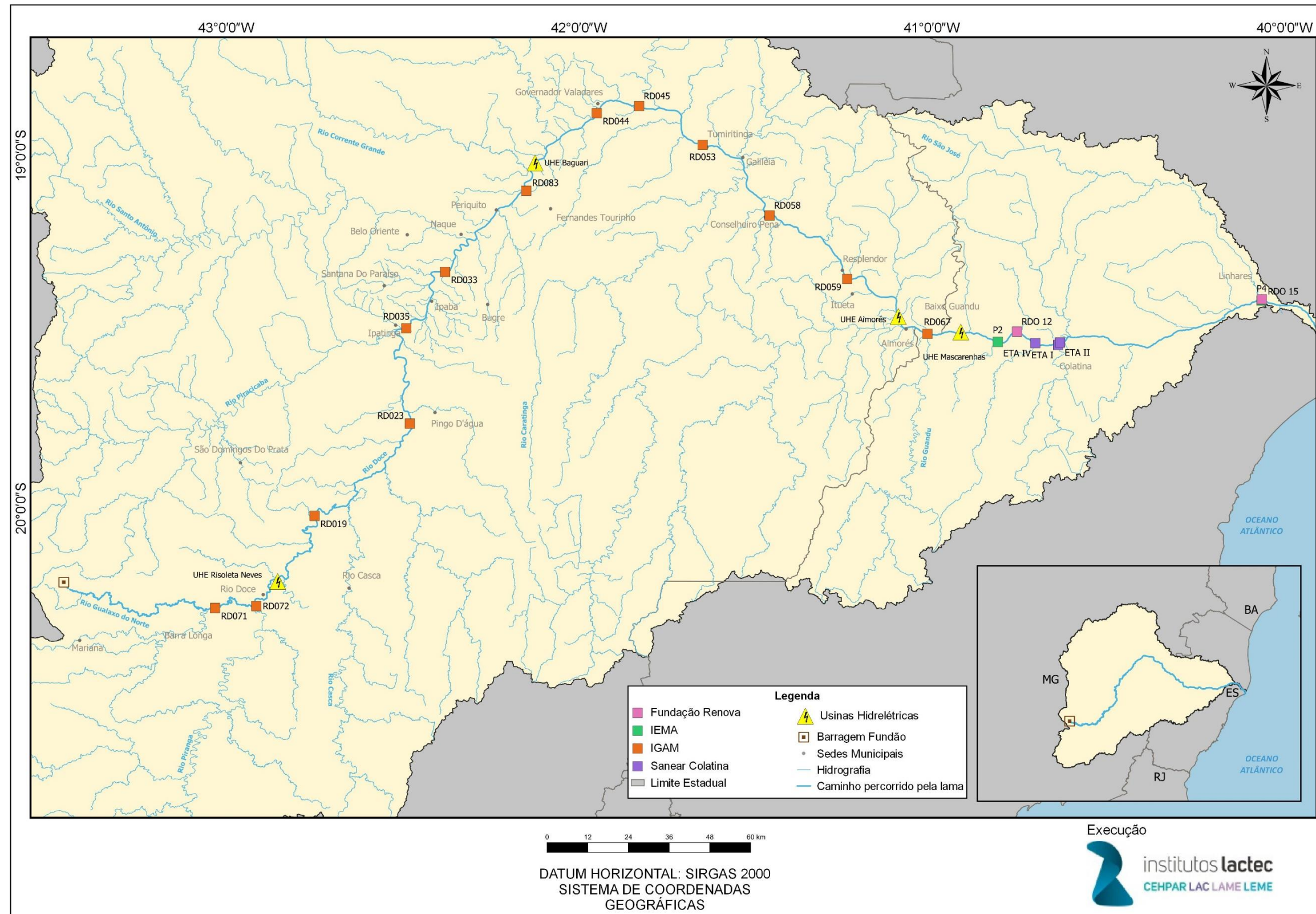
a e b: estações que possuem a mesma letra foram analisadas em conjunto dada sua proximidade.

1: os dados dessas estações foram utilizados em conjunto para o estabelecimento de referencial de linha-base para o estado do Espírito Santo, no tocante à concentração de EPTs e sólidos dissolvidos totais.

SD: sem dados. As estações amostrais só começaram a ser avaliadas após o rompimento da barragem de Fundão, de modo que não possuem dados históricos.

Obs.: Para as estações da Fundação Renova, nem todas as variáveis de qualidade de água começaram a ser monitoradas no mesmo momento.

Figura 1 - Localização das estações de amostragem de água avaliadas



3.2 Parâmetros de qualidade da água

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de qualidade da água avaliados e seus respectivos limites para a classe 2, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. No caso de sólidos suspensos totais (SST), foi adotada a concentração estabelecida na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008 (MINAS GERAIS, 2008). Ressalta-se que além de parâmetros usualmente avaliados em processos do enquadramento, também foram avaliados metais (no caso do arsênio um semimetal), que são elementos potencialmente tóxicos (EPTs). EPTs são espécies químicas metálicas ou semimetálicas, persistentes no meio, ou seja, que não se degradam facilmente e que permanecem por longo período de tempo no ambiente. São enquadrados nesta definição elementos essenciais ou não à biota, tais como: arsênio, alumínio, cádmio, mercúrio, níquel, chumbo, cobre, cromo, manganês e ferro.

Tabela 2 – Limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2.

Variável	Significado	Limite CONAMA nº 357/2005 - classe 2
Alumínio dissolvido (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,1$
Arsênio total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,01$
Cádmio total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,001$
Chumbo total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,01$
Cobre dissolvido (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,009$
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	Indicadores da presença de organismos patogênicos na água (DERISIO, 2000)	1.000
Cromo total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,05$
Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	Quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, através da ação de bactérias (DERISIO, 2000)	≤ 5
Ferro dissolvido (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,3$
Fósforo total (mg/L)	Ocorre em águas naturais devido às descargas de esgoto sanitário e despejos industriais, além de processos erosivos (FERREIRA et al., 2005). Em concentrações elevadas, em lagos e represas, pode conduzir a eutrofização do corpo d'água (SPERLING, 2005), que tem como consequências mais comuns a diminuição da transparência da água, aumento dos períodos de anóxia da coluna d'água e florações de algas tóxicas (cianobactérias) (FERREIRA et al., 2005).	$\leq 0,1$
Manganês total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,1$
Mercúrio total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,0002$
Níquel total (mg/L)	Elemento potencialmente tóxico (EPT)	$\leq 0,025$

Variável	Significado	Limite CONAMA nº 357/2005 - classe 2
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Essencial para organismos aeróbios. Consumido durante a estabilização da matéria orgânica (SPERLING, 2005).	≥ 5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	Sólidos não retidos em uma membrana filtrante com poro igual a 1,2 µm (HELLER E PÁDUA, 2006).	≤ 500
Sólidos suspensos totais (mg/L)	Sólidos retidos em uma membrana filtrante com poro igual a 1,2 µm (HELLER E PÁDUA, 2006).	≤ 100*
Turbidez (UNT)	Grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo aparência turva à mesma (SPERLING, 2005).	≤ 100

* O limite para sólidos suspensos totais é o estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008.

Ressalta-se que dadas as características do rejeito de Fundão, a presente avaliação focou principalmente em parâmetros relacionados ao aporte de sólidos e elementos potencialmente tóxicos.

3.3 Avaliação do percentual de desconformidades

Considerando todo o período de monitoramento, buscou-se avaliar quão frequentes eram as ocorrências de desconformidades quanto aos limites dispostos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para cada um dos parâmetros de qualidade da água apresentados na seção 3.2.

Visando se obter representatividade no tempo e avaliar a mudança temporal do indicador, dado o rompimento da barragem de Fundão, foram definidos períodos para a avaliação da ocorrência das desconformidades. Assim, foram avaliados cinco períodos distintos: pré-desastre, novembro/2015 a dezembro/2015 e os anos de 2016, 2017 e 2018. O período de pré-desastre compreendeu todas as observações em uma determinada estação de monitoramento até a data do rompimento da barragem de Fundão. Os meses de novembro/2015 a dezembro/2015 foram separados dos demais, tendo em vista o rompimento da barragem de Fundão. Nos três anos posteriores, os períodos foram avaliados ano a ano, para se verificar se houve uma tendência de queda ou aumento do percentual de desconformidades dos parâmetros avaliados.

Desta forma, dentro de cada um dos cinco períodos avaliados, calculou-se a razão entre o número de observações em desconformidade e o número total de observações coletadas, obtendo-se assim o percentual de desconformidades.

Ainda, os dados desconformes foram segmentados em três categorias, de acordo com o número de vezes em que o limite legal foi ultrapassado: no caso de o limite legal ser ultrapassado em até 2 vezes, os resultados foram classificados em “ultrapassa o limite legal em até 2x”. Da mesma forma, esta segmentação foi utilizada para limites legais ultrapassados em até 4x, ou seja, “ultrapassa o limite legal em até 4x”, que compreenderam valores que ultrapassaram o limite estabelecido em mais de 2 vezes e em até 4 vezes. O último intervalo utilizado compreendeu observações cujo limite

legal foi ultrapassado em mais de 4 vezes, ou seja, “ultrapassa o limite legal em mais de 4x”. Na apresentação dos resultados, as observações que atenderam o limite da classe 2 foram classificadas na categoria “atende o limite legal”.

3.4 Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) é um índice desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), com o intuito de apresentar ao público não técnico, de maneira simples, a condição de conformidade da qualidade da água do corpo hídrico com os padrões instituídos pela legislação (CCME, 2001). O ICE é calculado conforme (CCME, 2001):

$$ICE = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732}$$

na qual os fatores F_1 , F_2 e F_3 referem-se à abrangência, frequência e amplitude, respectivamente. A abrangência refere-se à porcentagem de variáveis (parâmetros de qualidade da água) em que há alguma desconformidade no período sob estudo (CCME, 2001). A frequência, refere-se à porcentagem de observações em desconformidade com o limite legal (CCME, 2001). A amplitude representa o quão afastado o valor observado do parâmetro de qualidade da água está do valor legislado (CCME, 2001). Os resultados do ICE variam de 0 a 100, sendo que valores próximos a 100 indicam que, para grande parte dos parâmetros de qualidade da água e observações avaliadas, a situação do corpo hídrico está em conformidade com o enquadramento (CCME, 2001).

Amaro e Porto (2009) propuseram uma divisão em três classes para os valores do ICE, para os casos em que o corpo hídrico está conforme, afastado ou não conforme com relação ao enquadramento. A Tabela 3 apresenta esta divisão em classes e intervalos do índice.

Tabela 3 – Classificação do ICE. Adaptado de Amaro e Porto (2009)

Classificação	ICE	Significado
Conforme	$80 \leq ICE \leq 100$	A maioria ou todas as medições estão dentro dos padrões de qualidade da água no período de monitoramento.
Afastado	$45 \leq ICE < 80$	As observações estão frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água.
Não conforme	$ICE < 45$	A maioria ou a totalidade das observações está violando os limites da classe de enquadramento correspondente ao trecho do rio naquele período de monitoramento.

Para avaliação do ICE, os períodos foram segmentados em períodos seco (meses de abril a setembro) e chuvoso (meses de outubro a março). Portanto, o período de pré-desastre, o qual incluiu todas as observações nas estações de monitoramento até a data do rompimento da barragem de Fundão, foi subdividido em período seco e chuvoso. O mês de novembro/2015 foi separado dos

demais, tendo em vista o rompimento da barragem de Fundão. A partir deste período, os períodos pós-desastre foram subdivididos em períodos seco e chuvoso, para se avaliar uma possível tendência de aumento ou queda no ICE. Tais períodos compreenderam: dezembro/2015 a março/2016 (primeiro período chuvoso após o desastre), abril/2016 a setembro/2016 (primeiro período seco após o desastre), outubro/2016 a março/2017, abril/2017 a setembro/2017, outubro/2017 a março/2018, abril/2018 a setembro/2018 e outubro/2018 a dezembro/2018. Cabe destacar que, como o período final de avaliação foi dezembro/2018, o último período chuvoso compreendeu apenas três meses.

Dois grupos de parâmetros de qualidade da água foram utilizados para a avaliação do ICE. O primeiro grupo consistiu em todos os parâmetros de qualidade da água apresentados na Tabela 2 (usualmente avaliados no processo de enquadramento e EPTs). O segundo grupo consistiu na avaliação do ICE dos EPTs apresentados na referida tabela, para verificação da conformidade ao enquadramento referente apenas a tais elementos.

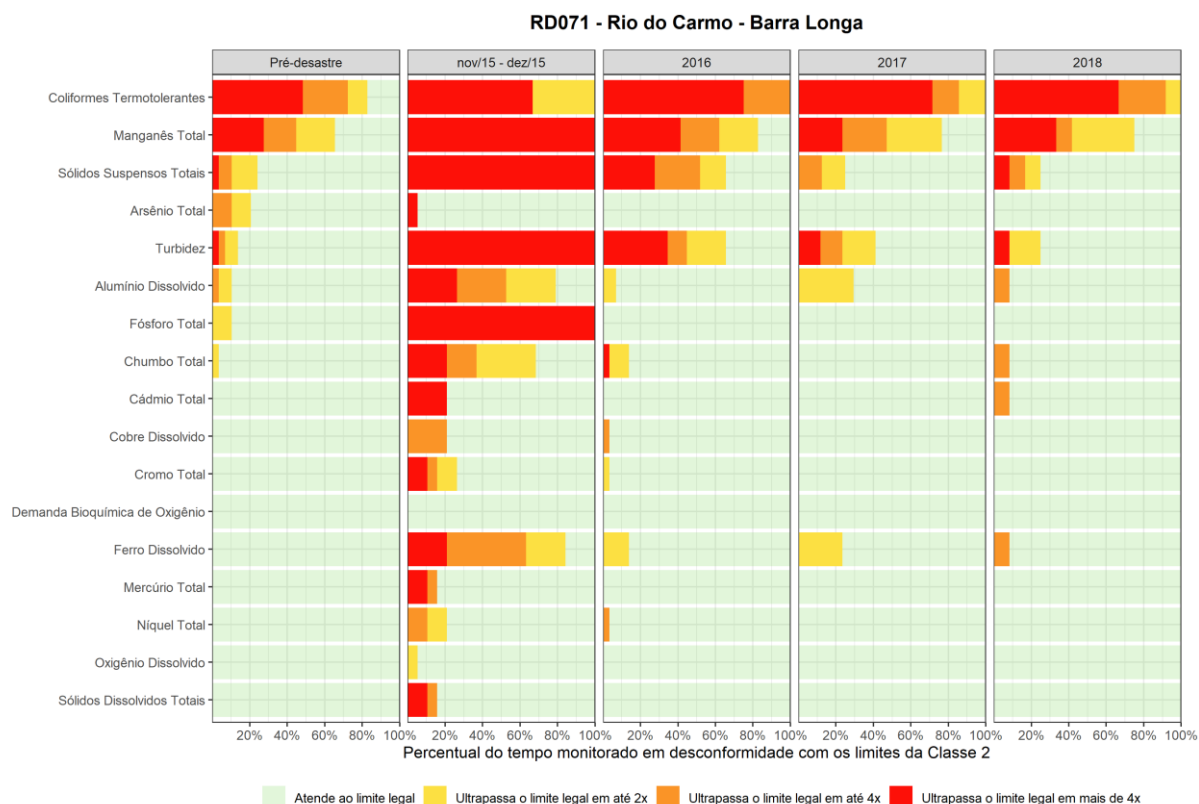
4 RESULTADOS

4.1 Percentual do tempo monitorado em desconformidade

4.1.1 Barra Longa/MG

No município de Barra Longa, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD071 do IGAM, localizada no rio do Carmo. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 2008. Também foram utilizados dados da estação RCA 02 da Fundação Renova para preenchimento de dados no mês de novembro/2015. A Figura 2 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 4.

Figura 2 – Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD071)



Conforme mostrado na Figura 2, no período pré-desastre, na estação RD071 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, sólidos suspensos totais, arsênio total, turbidez, alumínio dissolvido, fósforo total e chumbo total. No caso do manganês total, por exemplo, em 66% do tempo monitorado o limite da classe 2 (0,1 mg/L) era ultrapassado (Tabela 4).

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para a maioria das variáveis analisadas, inclusive variáveis que anteriormente não apresentavam desacordos com o limite legislado, como por exemplo: ferro dissolvido, mercúrio total, níquel total e cádmio total.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015. Contudo, ainda foram observados desacordos para o cádmio total e o ferro dissolvido, que antes do rompimento, apresentavam-se de acordo com a legislação em todo o tempo monitorado. É importante destacar que, de acordo com a Tabela 4, no ano de 2018, na maior parte do tempo monitorado os valores de manganês total apresentaram-se superiores ao limite legislado, e, em percentual superior ao que foi registrado na linha-base.

Mesmo que tenham ocorrido em um menor percentual do tempo, foram constatadas desconformidades para o alumínio dissolvido, o ferro dissolvido, o chumbo total e o cádmio total. Chama-se a atenção também aos elevados percentuais de não conformidades para os coliformes termotolerantes, resultado dos baixos níveis de tratamento de esgoto na região. Em relação à turbidez, os percentuais de desconformidades se elevaram em relação à condição pré-desastre e ainda não retornaram à linha-base (Tabela 4). Valores elevados de turbidez podem comprometer o processo de tratamento da água para abastecimento.

Tabela 4 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD071)

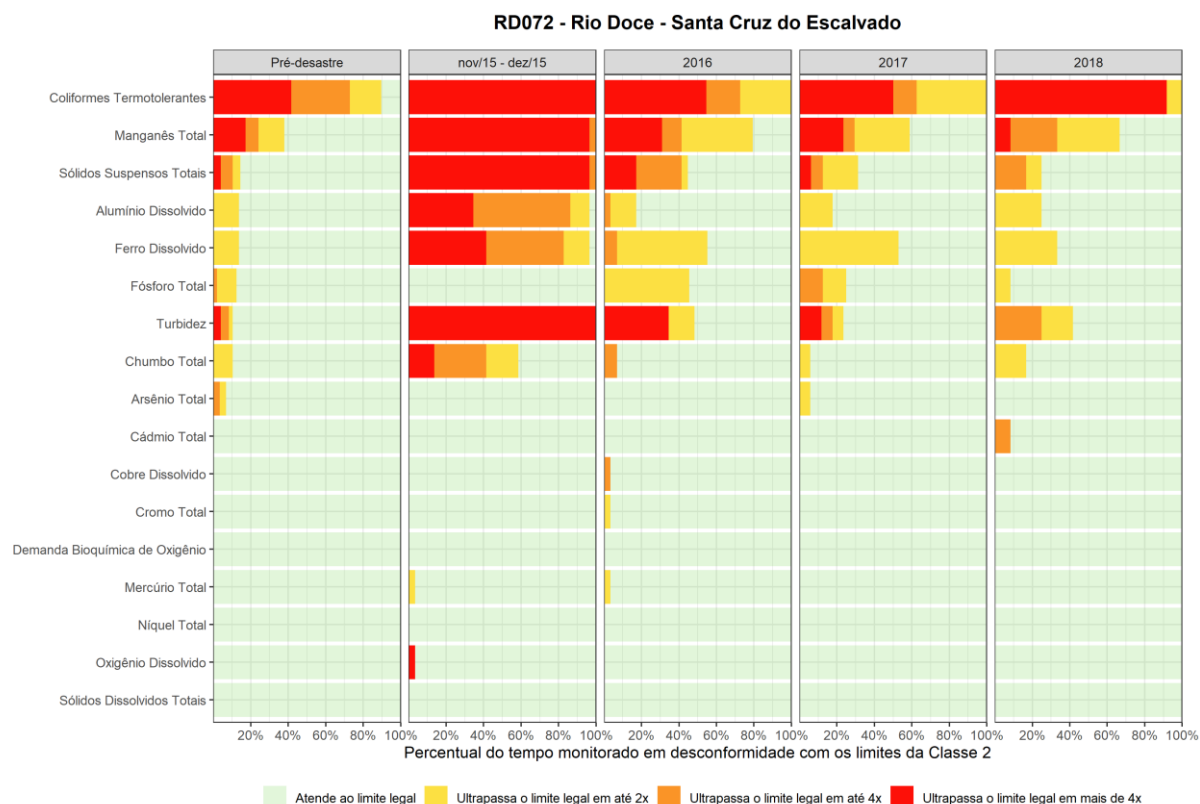
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	83% (n=29)	100% (n=3)	100% (n=4)	100% (n=7)	100% (n=12)
Manganês Total	66% (n=29)	100% (n=19)	83% (n=29)	76% (n=17)	75% (n=12)
Alumínio Dissolvido	10% (n=29)	79% (n=19)	7% (n=29)	29% (n=17)	8% (n=12)
Ferro Dissolvido	0% (n=29)	84% (n=19)	14% (n=29)	24% (n=17)	8% (n=12)
Turbidez	14% (n=29)	100% (n=19)	66% (n=29)	41% (n=17)	25% (n=12)
Fósforo Total	10% (n=29)	100% (n=6)	0% (n=4)	0% (n=7)	0% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	24% (n=29)	100% (n=19)	66% (n=29)	25% (n=16)	25% (n=12)
Chumbo Total	3% (n=29)	68% (n=19)	14% (n=29)	0% (n=17)	8% (n=12)
Arsênio Total	21% (n=29)	5% (n=19)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	0% (n=29)	0% (n=2)	0% (n=4)	0% (n=7)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=29)	21% (n=19)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=29)	5% (n=19)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=29)	26% (n=19)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=29)	21% (n=19)	0% (n=29)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=29)	21% (n=19)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=29)	16% (n=19)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=29)	16% (n=19)	0% (n=29)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.2 Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado/MG

Entre os municípios de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD072 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 2008. A Figura 3 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 5.

Figura 3 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD072)



Conforme a Figura 3, antes do rompimento, na estação RD072 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, sólidos suspensos totais, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, fósforo total, turbidez, chumbo total e arsênio total. Para a maioria dos EPTs avaliados, o percentual de desconformidade era inferior a 15%. No caso do manganês total, em 38% do tempo monitorado o limite da classe 2 (0,1 mg/L) era ultrapassado (Tabela 5). Para os coliformes termotolerantes, em 90% do tempo monitorado o limite legislado não era atendido.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e chumbo total. Além disso, foi registrada não conformidade para o mercúrio total, o que antes do rompimento não havia sido registrado.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015. Contudo, para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e chumbo total, de acordo com a Tabela 5, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento.

Assim como na estação de monitoramento anterior, também foram registrados elevados percentuais de não conformidades para os coliformes termotolerantes, haja vista os baixos níveis de tratamento de esgoto na região. Em relação à turbidez, os percentuais de desconformidades se elevaram em relação à condição pré-desastre e ainda não retornaram à linha-base (Tabela 5). Valores elevados de turbidez podem comprometer o processo de tratamento da água para abastecimento.

Tabela 5 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD072)

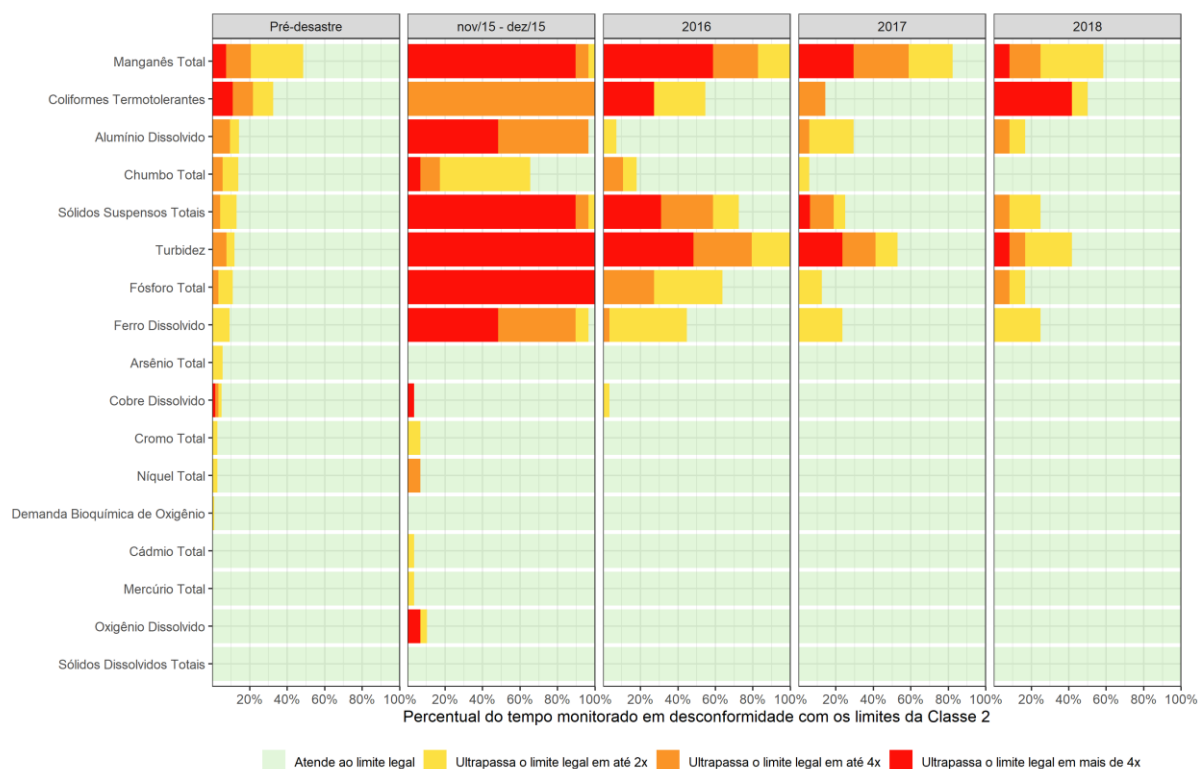
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	90% (n=48)	100% (n=1)	100% (n=11)	100% (n=8)	100% (n=12)
Manganês Total	38% (n=29)	100% (n=29)	79% (n=29)	59% (n=17)	67% (n=12)
Alumínio Dissolvido	14% (n=29)	97% (n=29)	17% (n=29)	18% (n=17)	25% (n=12)
Ferro Dissolvido	14% (n=29)	97% (n=29)	55% (n=29)	53% (n=17)	33% (n=12)
Turbidez	10% (n=48)	100% (n=29)	48% (n=29)	24% (n=17)	42% (n=12)
Fósforo Total	12% (n=48)	0% (n=1)	45% (n=11)	25% (n=8)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	15% (n=48)	100% (n=29)	45% (n=29)	31% (n=16)	25% (n=12)
Chumbo Total	10% (n=29)	59% (n=29)	7% (n=29)	6% (n=17)	17% (n=12)
Arsênio Total	7% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=29)	6% (n=17)	0% (n=12)
DBO	0% (n=48)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=48)	0% (n=29)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=48)	3% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=29)	0% (n=29)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=29)	3% (n=29)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=48)	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.3 São Domingos do Prata/MG

No município São Domingos do Prata, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD019 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1997. A Figura 4 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 6.

Figura 4 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD019)
RD019 - Rio Doce - São Domingos do Prata



De acordo com a Figura 4, antes do rompimento da barragem, na estação RD019 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis manganês total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, chumbo total, sólidos suspensos totais, turbidez, ferro dissolvido, arsênio total, cobre dissolvido, cromo total, níquel total e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Para o alumínio dissolvido e o chumbo total, para 15% das observações ocorriam desconformidades. Para os demais EPTs, os desacordos ocorriam no máximo em até 10% das observações. Todavia, no caso do manganês total, em 49% do tempo monitorado o limite da classe 2 (0,1 mg/L) era ultrapassado (Tabela 6).

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, chumbo total e ferro dissolvido. Tendo ocorrido também desconformidades para o cobre dissolvido, o cromo total e o níquel total, além de registros inéditos de não conformidades para o cádmio total e o mercúrio total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para o cromo total, níquel total, cádmio total e mercúrio total não foram mais observados desacordos.

Contudo, para os EPTs manganês total e ferro dissolvido, de acordo com a Tabela 6, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes

do rompimento. Para a turbidez e para os sólidos suspensos totais, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Ressalta-se que ao longo dos períodos avaliados foram constatados desacordos frequentes em relação à variável coliformes termotolerantes.

Tabela 6 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD019)

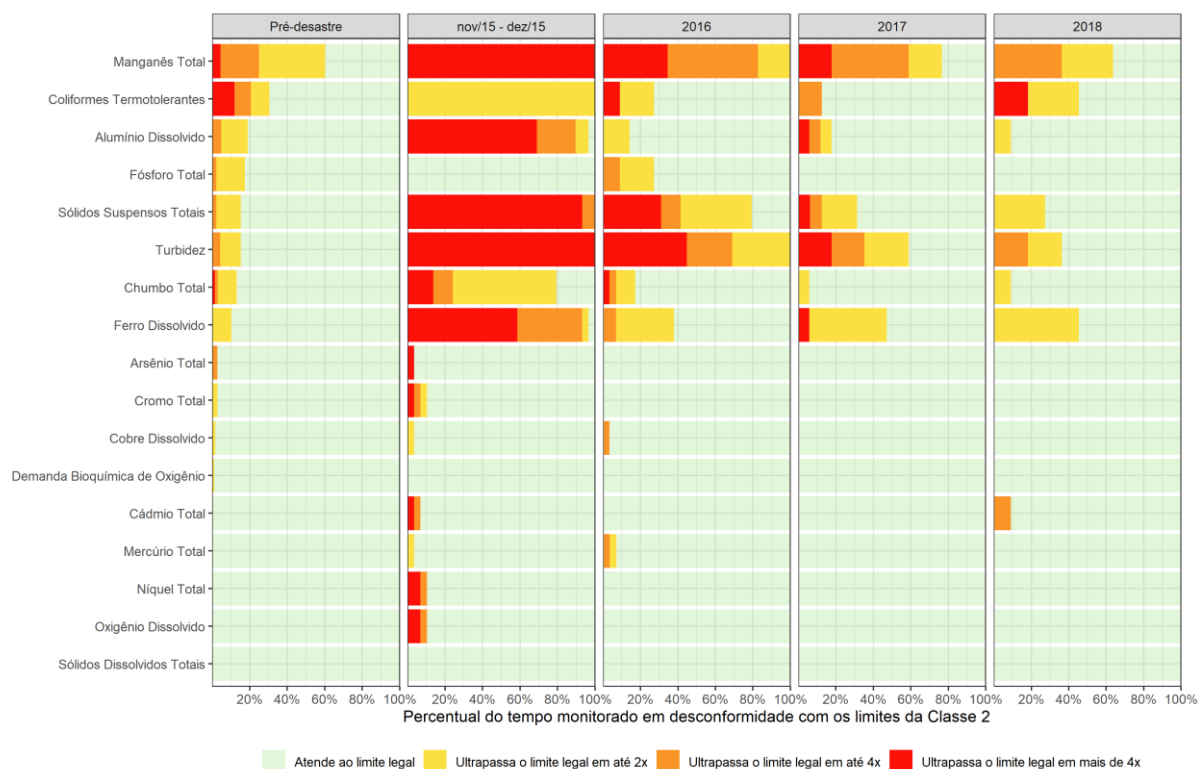
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	33% (n=92)	100% (n=1)	55% (n=11)	14% (n=7)	50% (n=12)
Manganês Total	49% (n=68)	100% (n=29)	100% (n=29)	82% (n=17)	58% (n=12)
Alumínio Dissolvido	14% (n=21)	97% (n=29)	7% (n=28)	29% (n=17)	17% (n=12)
Ferro Dissolvido	9% (n=54)	97% (n=29)	45% (n=29)	24% (n=17)	25% (n=12)
Turbidez	12% (n=92)	100% (n=29)	100% (n=29)	53% (n=17)	42% (n=12)
Fósforo Total	11% (n=91)	100% (n=1)	64% (n=11)	12% (n=8)	17% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	13% (n=92)	100% (n=29)	72% (n=29)	25% (n=16)	25% (n=12)
Chumbo Total	14% (n=36)	66% (n=29)	18% (n=28)	6% (n=17)	0% (n=12)
Arsênio Total	6% (n=36)	0% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	1% (n=92)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	5% (n=61)	3% (n=29)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=92)	10% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	3% (n=35)	7% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=35)	3% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Níquel Total	3% (n=36)	7% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=36)	3% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=82)	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.4 Marliéria e Pingo d'Água/MG

Entre os municípios de Marliéria e Pingo d'Água, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD023 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1997. A Figura 5 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 7.

Figura 5 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD023)
RD023 - Rio Doce - Marliéria



De acordo com a Figura 5, antes do rompimento da barragem, na estação RD023 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis manganês total, coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, fósforo total, sólidos suspensos totais, turbidez, chumbo total, ferro dissolvido, arsênio total, cromo total, cobre dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 60%, seguido do alumínio dissolvido (19%), do chumbo total (13%) e do ferro dissolvido (10%), conforme Tabela 7. Para o arsênio total, o cromo total e o cobre dissolvido, os percentuais de desacordos não ultrapassavam 3% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, chumbo total e ferro dissolvido. Tendo ocorrido também desconformidades para o arsênio total, o cromo total, o cobre dissolvido, além de registros inéditos de não conformidades para o cádmio total, o mercúrio total e o níquel total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para o arsênio total, cromo total e níquel total não foram mais observados desacordos.

Contudo, para os EPTs manganês total e ferro dissolvido, de acordo com a Tabela 7, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez e para os sólidos suspensos totais, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Tabela 7 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD023)

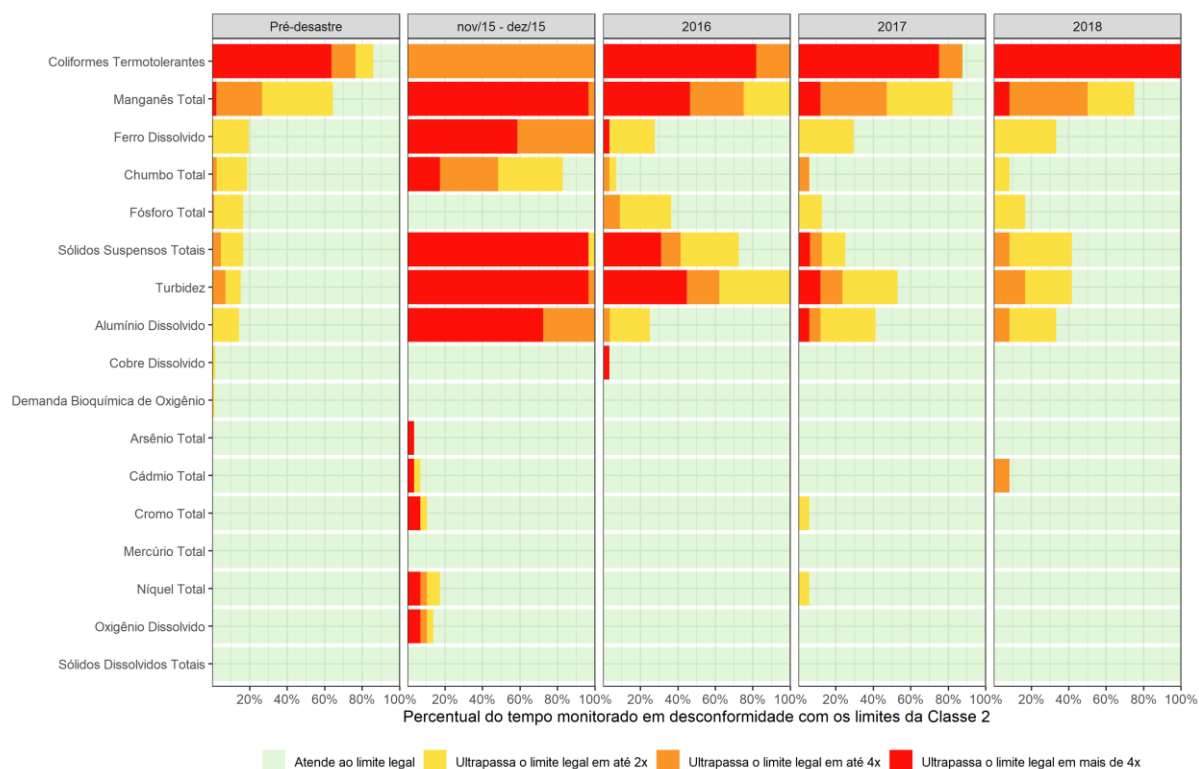
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	30% (n=92)	100% (n=1)	27% (n=11)	12% (n=8)	45% (n=11)
Manganês Total	60% (n=68)	100% (n=29)	100% (n=29)	76% (n=17)	64% (n=11)
Alumínio Dissolvido	19% (n=21)	97% (n=29)	14% (n=28)	18% (n=17)	9% (n=11)
Ferro Dissolvido	10% (n=68)	97% (n=29)	38% (n=29)	47% (n=17)	45% (n=11)
Turbidez	15% (n=92)	100% (n=29)	100% (n=29)	59% (n=17)	36% (n=11)
Fósforo Total	17% (n=92)	0% (n=1)	27% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=11)
Sólidos Suspensos Totais	15% (n=92)	100% (n=29)	79% (n=29)	31% (n=16)	27% (n=11)
Chumbo Total	13% (n=69)	79% (n=29)	17% (n=29)	6% (n=17)	9% (n=11)
Arsênio Total	3% (n=36)	3% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=11)
DBO	1% (n=92)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=11)
Cobre Dissolvido	2% (n=61)	3% (n=29)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=11)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=92)	10% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=11)
Cromo Total	3% (n=36)	10% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=11)
Cádmio Total	0% (n=35)	7% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	9% (n=11)
Níquel Total	0% (n=36)	10% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=11)
Mercúrio Total	0% (n=36)	3% (n=29)	7% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=11)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=83)	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=16)	0% (n=11)

n: número total de observações no referido período

4.1.5 Santana do Paraíso/MG

No município de Santana do Paraíso, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD035 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1997. A Figura 6 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 8.

Figura 6 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD035)
RD035 - Rio Doce - Santana do Paraíso



De acordo com a Figura 6, antes do rompimento da barragem, na estação RD035 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, ferro dissolvido, chumbo total, fósforo total, sólidos suspensos totais, turbidez, alumínio dissolvido, e, em menores proporções cobre dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 64%, seguido do ferro dissolvido (20%), do chumbo total (19%) e alumínio dissolvido (14%), conforme Tabela 8. Para o cobre dissolvido, o percentual de desacordo não ultrapassava 2% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total (100%), ferro dissolvido (100%), chumbo total (83%) e alumínio dissolvido (100%). Tendo ocorrido também registros inéditos de não conformidades para o arsênio total, o cádmio total, o cromo total e o níquel total.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para o arsênio total não foram mais observados desacordos.

Contudo, para os EPTs manganês total, ferro dissolvido e alumínio dissolvido, de acordo com a Tabela 8, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores

aqueles registrados antes do rompimento. Além disso, no ano de 2018, em um dos eventos de monitoramento, voltou a ocorrer desconformidade para o cádmio total, lembrando que antes do desastre não haviam sido registradas não conformidades para essa variável (Tabela 8). Para a turbidez e para os sólidos suspensos totais, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Tabela 8 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD035)

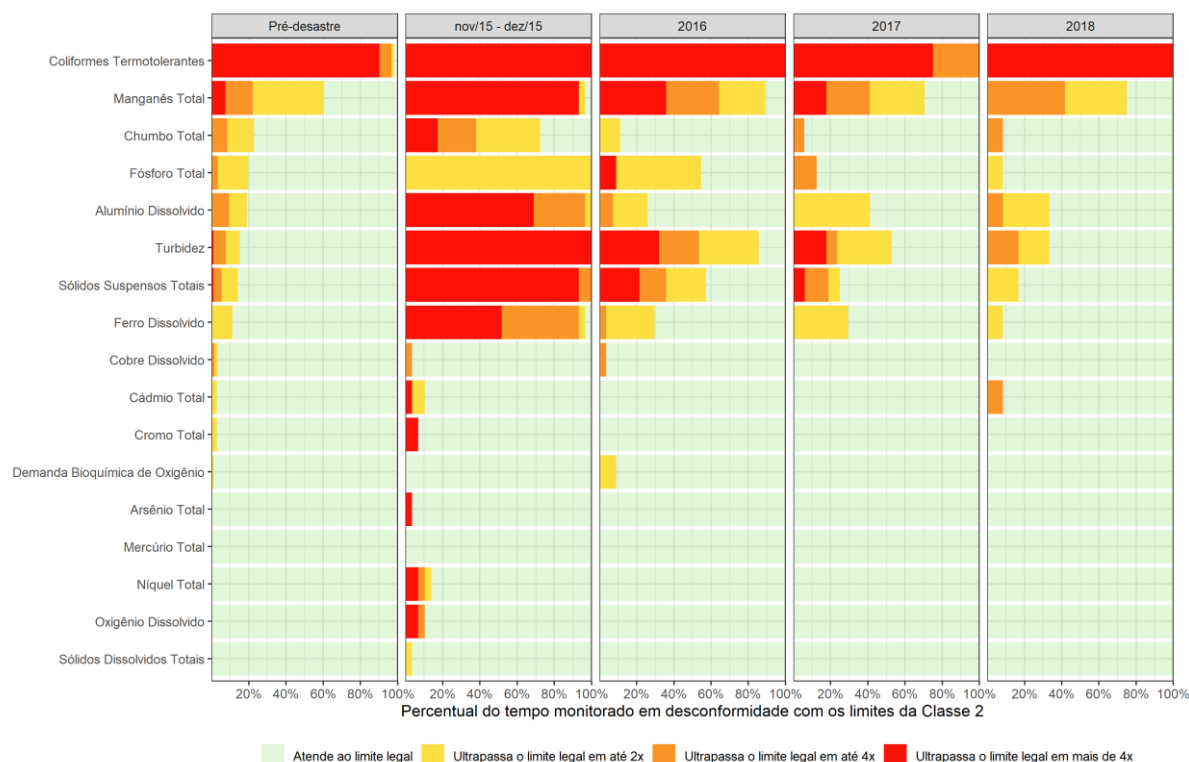
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	86% (n=85)	100% (n=1)	100% (n=11)	88% (n=8)	100% (n=12)
Manganês Total	64% (n=45)	100% (n=29)	100% (n=28)	82% (n=17)	75% (n=12)
Alumínio Dissolvido	14% (n=21)	100% (n=29)	25% (n=28)	41% (n=17)	33% (n=12)
Ferro Dissolvido	20% (n=41)	100% (n=29)	28% (n=29)	29% (n=17)	33% (n=12)
Turbidez	15% (n=85)	100% (n=29)	100% (n=29)	53% (n=17)	42% (n=12)
Fósforo Total	16% (n=85)	0% (n=1)	36% (n=11)	12% (n=8)	17% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	16% (n=85)	100% (n=29)	72% (n=29)	25% (n=16)	42% (n=12)
Chumbo Total	19% (n=43)	83% (n=29)	7% (n=29)	6% (n=17)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=32)	3% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	1% (n=85)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	2% (n=61)	0% (n=29)	3% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=85)	14% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=32)	10% (n=29)	0% (n=28)	6% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=32)	7% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=32)	17% (n=29)	0% (n=28)	6% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=33)	0% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=76)	0% (n=29)	0% (n=29)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.6 Belo Oriente e Bugre/MG

Entre os municípios de Belo Oriente e Bugre, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD033 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1997. A Figura 7 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 9.

Figura 7 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD033)
RD033 - Rio Doce - Belo Oriente



De acordo com a Figura 7, antes do rompimento da barragem, na estação RD033 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, chumbo total, fósforo total, alumínio dissolvido, turbidez, sólidos suspensos totais, ferro dissolvido, cobre dissolvido, cádmio total, cromo total e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 60%, seguido do chumbo total (23%), do alumínio dissolvido (19%), e do ferro dissolvido (11%), conforme Tabela 9. Para o cobre dissolvido, o cádmio total e o cromo total, os percentuais de desacordos não ultrapassavam 3% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, chumbo total, alumínio dissolvido e ferro dissolvido. Tendo ocorrido também desconformidades para o cobre dissolvido, cádmio total e cromo total, além de registros inéditos de não conformidades para arsênio total e níquel total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para cobre dissolvido e cromo total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido e cádmio total, de acordo com a Tabela 9, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores

aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez e para os sólidos suspensos totais, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Tabela 9 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD033)

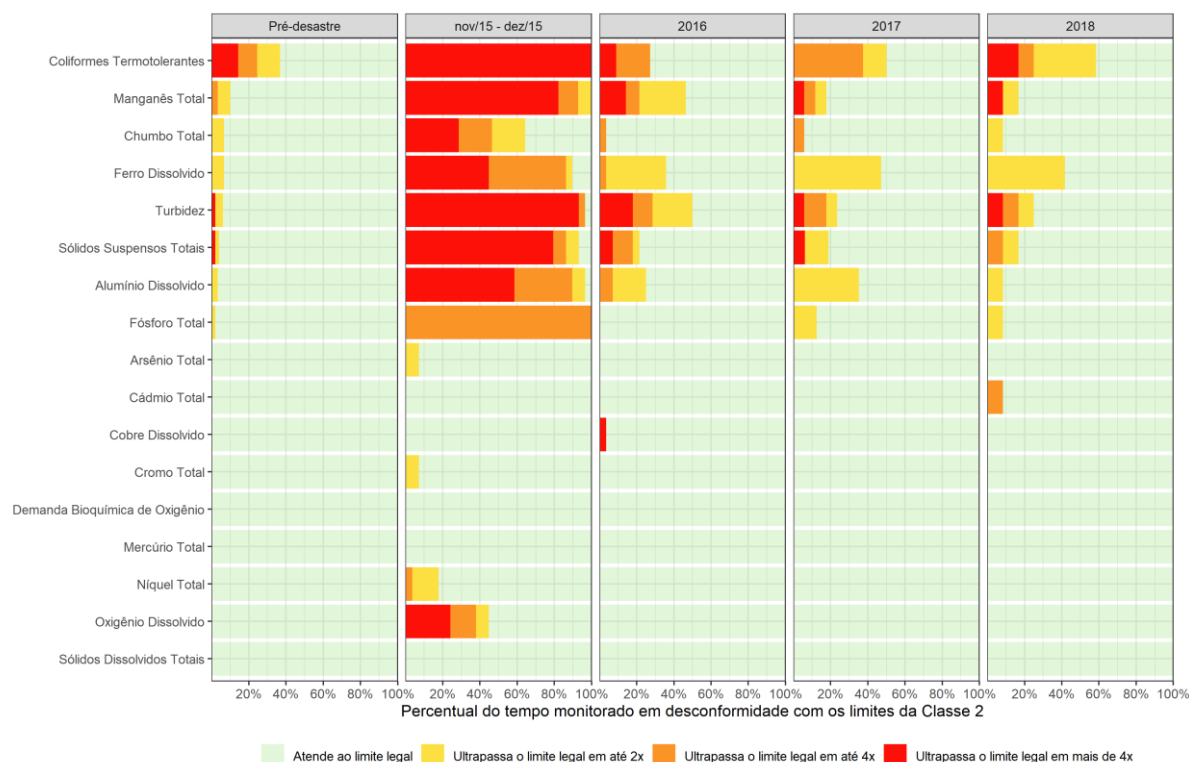
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	98% (n=92)	100% (n=1)	100% (n=11)	100% (n=8)	100% (n=12)
Manganês Total	60% (n=68)	97% (n=29)	89% (n=28)	71% (n=17)	75% (n=12)
Alumínio Dissolvido	19% (n=21)	100% (n=29)	26% (n=27)	41% (n=17)	33% (n=12)
Ferro Dissolvido	11% (n=36)	97% (n=29)	30% (n=27)	29% (n=17)	8% (n=12)
Turbidez	15% (n=92)	100% (n=29)	86% (n=28)	53% (n=17)	33% (n=12)
Fósforo Total	20% (n=91)	100% (n=1)	55% (n=11)	12% (n=8)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	14% (n=92)	100% (n=29)	57% (n=28)	25% (n=16)	17% (n=12)
Chumbo Total	23% (n=35)	72% (n=29)	11% (n=27)	6% (n=17)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=36)	3% (n=29)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	1% (n=92)	0% (n=1)	9% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	3% (n=61)	3% (n=29)	4% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=92)	10% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	3% (n=36)	7% (n=29)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	3% (n=35)	10% (n=29)	0% (n=27)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=35)	14% (n=29)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=37)	0% (n=29)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=82)	3% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.7 Fernandes Tourinho e Periquito/MG

Entre os municípios de Fernandes Tourinho e Periquito, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD083 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 2008. A Figura 8 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 10.

Figura 8 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD083)
RD083 - Rio Doce - Periquito



De acordo com a Figura 8, antes do rompimento da barragem, na estação RD083 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, chumbo total, ferro dissolvido, turbidez, sólidos suspensos totais, alumínio dissolvido e fósforo total. Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 10%, seguido do chumbo total (7%), do ferro dissolvido (7%) e do alumínio dissolvido (3%), conforme Tabela 10.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total (100%), chumbo total (64%), ferro dissolvido (90%) e alumínio dissolvido (97%). Tendo ocorrido registros inéditos de não conformidades para arsênio total (7%), cromo total (7%) e níquel total (18%) no local. Em 2016, foi registrada não conformidade inédita de cobre dissolvido e em 2018 de cádmio total.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para arsênio total, cobre dissolvido, cromo total e níquel total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total e cádmio total, de acordo com a Tabela 10, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez e para os

sólidos suspensos totais, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Tabela 10 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD083)

Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	37% (n=49)	100% (n=1)	27% (n=11)	50% (n=8)	58% (n=12)
Manganês Total	10% (n=30)	100% (n=28)	46% (n=28)	18% (n=17)	17% (n=12)
Alumínio Dissolvido	3% (n=30)	97% (n=29)	25% (n=28)	35% (n=17)	8% (n=12)
Ferro Dissolvido	7% (n=30)	90% (n=29)	36% (n=28)	47% (n=17)	42% (n=12)
Turbidez	6% (n=49)	97% (n=29)	50% (n=28)	24% (n=17)	25% (n=12)
Fósforo Total	2% (n=49)	100% (n=1)	0% (n=11)	12% (n=8)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	4% (n=49)	93% (n=29)	21% (n=28)	19% (n=16)	17% (n=12)
Chumbo Total	7% (n=15)	64% (n=28)	4% (n=27)	6% (n=17)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=15)	7% (n=28)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	0% (n=49)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=49)	0% (n=29)	4% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=49)	45% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=15)	7% (n=28)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=15)	0% (n=28)	0% (n=27)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=15)	18% (n=28)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=15)	0% (n=28)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=49)	0% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.8 Governador Valadares/MG

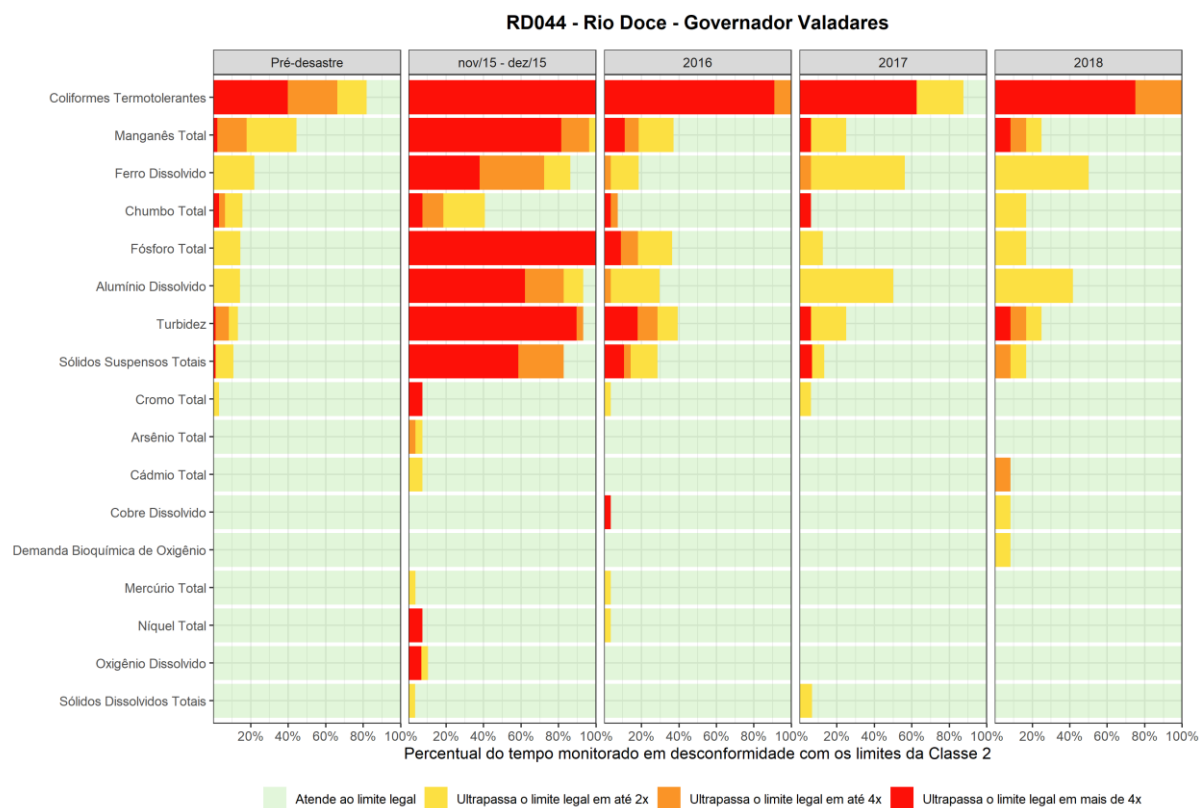
No município de Governador Valadares, foram avaliados os dados de qualidade de água das estações RD044 (próximo à ponte da rodovia Rio-Bahia) e RD045 (próximo ao distrito de Derribadinha, a jusante do centro urbano de Governador Valadares) do IGAM, localizadas no rio Doce. As referidas estações tiveram seu monitoramento iniciado nos anos de 2000 e 1997, respectivamente.

A Figura 9 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água, na estação RD044, considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 11.

Na estação RD044 (Figura 9), mais próxima do centro urbano de Governador Valadares, já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, ferro dissolvido, chumbo total, fósforo total, alumínio dissolvido, turbidez, sólidos suspensos totais e cromo total antes do rompimento. Entre os EPTs (Tabela 11), para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 44%, seguido do ferro dissolvido

(22%), do chumbo total (16%) e alumínio dissolvido (14%). Para o cromo total, o percentual de desacordo era menor (3%).

Figura 9 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD044)



Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total, arsênio total, cromo total, cádmio total, níquel total e mercúrio total. Tendo ocorrido registros inéditos de não conformidades para arsênio total, cádmio total, níquel total e mercúrio total no local. Em 2016, foi registrada não conformidade inédita de cobre dissolvido.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para arsênio total, cromo total, níquel total e mercúrio total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total, cobre dissolvido e cádmio total, de acordo com a Tabela 11, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento. Para turbidez e sólidos suspensos totais, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

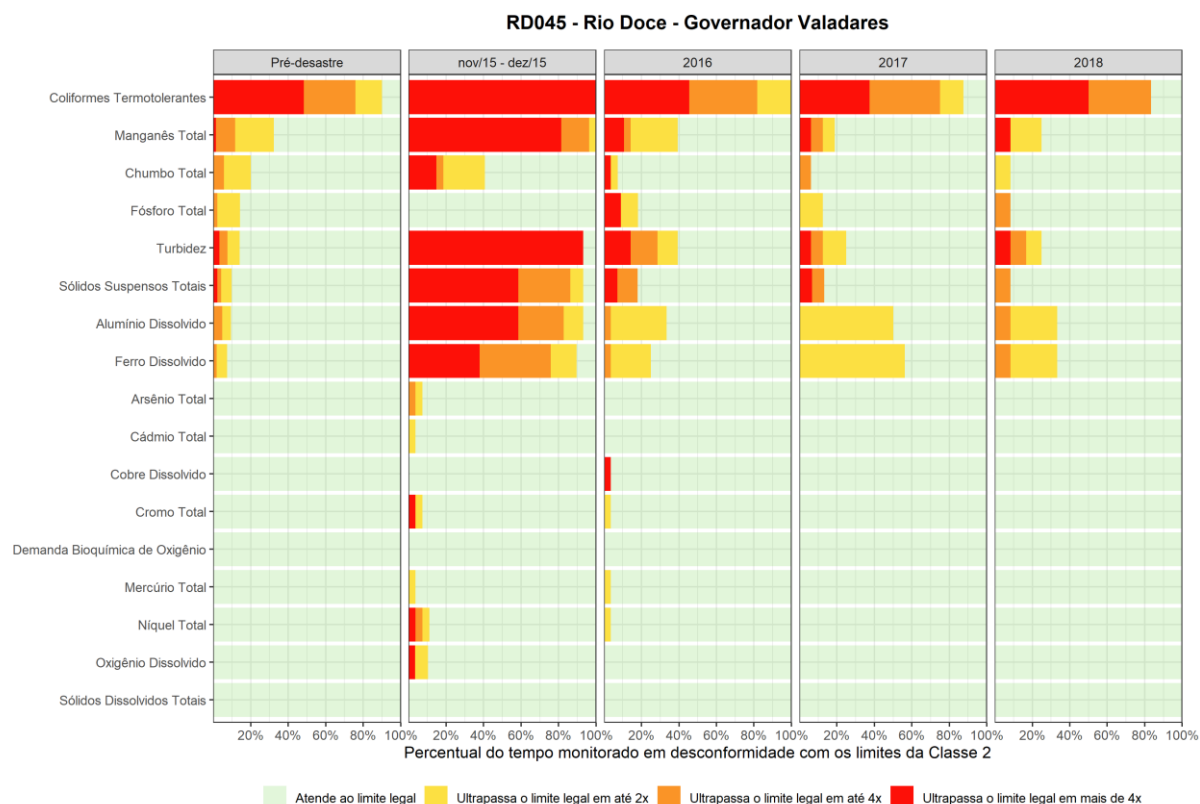
Tabela 11 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD044)

Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	82% (n=83)	100% (n=1)	100% (n=11)	88% (n=8)	100% (n=12)
Manganês Total	44% (n=45)	100% (n=27)	37% (n=27)	25% (n=16)	25% (n=12)
Alumínio Dissolvido	14% (n=21)	93% (n=29)	30% (n=27)	50% (n=16)	42% (n=12)
Ferro Dissolvido	22% (n=32)	86% (n=29)	19% (n=27)	56% (n=16)	50% (n=12)
Turbidez	13% (n=83)	93% (n=29)	39% (n=28)	25% (n=16)	25% (n=12)
Fósforo Total	14% (n=83)	100% (n=1)	36% (n=11)	12% (n=8)	17% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	11% (n=83)	83% (n=29)	29% (n=28)	13% (n=15)	17% (n=12)
Chumbo Total	16% (n=32)	41% (n=27)	7% (n=27)	6% (n=16)	17% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=32)	7% (n=27)	0% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
DBO	0% (n=83)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	8% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=61)	0% (n=29)	4% (n=28)	0% (n=16)	8% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=83)	10% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)
Cromo Total	3% (n=32)	7% (n=27)	4% (n=27)	6% (n=16)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=32)	7% (n=27)	0% (n=27)	0% (n=16)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=32)	7% (n=27)	4% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=32)	4% (n=27)	4% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=75)	3% (n=29)	0% (n=28)	7% (n=15)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

A Figura 10 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água, na estação RD045, considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 12.

Figura 10 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD045)



Para a estação RD045 (Figura 10), a jusante do centro urbano de Governador Valadares, já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, turbidez, fósforo total, sólidos suspensos totais e chumbo total antes do rompimento. Entre os EPTs (Tabela 12), para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 32%, seguido de chumbo total (20%), do alumínio dissolvido (10%) e ferro dissolvido (7%). Para o cromo total, o percentual de desacordo era menor (3%).

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total (100%), alumínio dissolvido (93%), ferro dissolvido (90%) e chumbo total (41%). Tendo ocorrido ainda registros inéditos de não conformidades para arsênio total, cromo total, cádmio total, níquel total e mercúrio total. Em 2016, foi registrada não conformidade inédita de cobre dissolvido.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para arsênio total, cromo total, cádmio total, níquel total e mercúrio total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs alumínio dissolvido (33%) e ferro dissolvido (33%), de acordo com a Tabela 12, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento. Para turbidez, os percentuais de não conformidade também

se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Tabela 12 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD045)

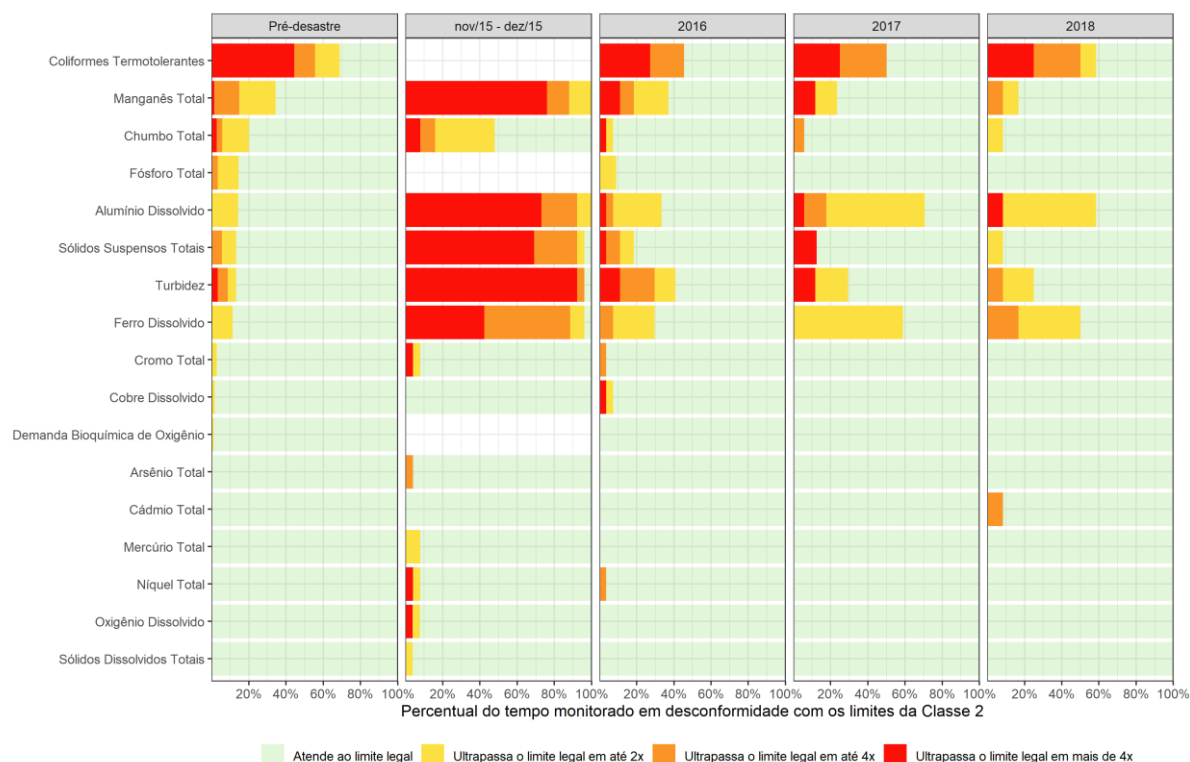
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	90% (n=91)	100% (n=1)	100% (n=11)	88% (n=8)	83% (n=12)
Manganês Total	32% (n=68)	100% (n=27)	39% (n=28)	19% (n=16)	25% (n=12)
Alumínio Dissolvido	10% (n=21)	93% (n=29)	33% (n=27)	50% (n=16)	33% (n=12)
Ferro Dissolvido	7% (n=54)	90% (n=29)	25% (n=28)	56% (n=16)	33% (n=12)
Turbidez	14% (n=92)	93% (n=29)	39% (n=28)	25% (n=16)	25% (n=12)
Fósforo Total	14% (n=91)	0% (n=1)	18% (n=11)	12% (n=8)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	10% (n=92)	93% (n=29)	18% (n=28)	13% (n=15)	8% (n=12)
Chumbo Total	20% (n=35)	41% (n=27)	7% (n=27)	6% (n=16)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=36)	7% (n=27)	0% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
DBO	0% (n=92)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=61)	0% (n=29)	4% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=92)	10% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=36)	7% (n=27)	4% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=35)	4% (n=27)	0% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
Níquel Total	0% (n=35)	11% (n=27)	4% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=37)	4% (n=27)	4% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=82)	0% (n=29)	0% (n=28)	0% (n=15)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.9 Galiléia e Tumiritinga/MG

Entre os municípios de Galiléia e Tumiritinga, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD053 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1997. A Figura 11 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 13.

Figura 11 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD053)
RD053 - Rio Doce - Tumiritinga



De acordo com a Figura 11, antes do rompimento da barragem, na estação RD053 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, chumbo total, fósforo total, alumínio dissolvido, sólidos suspensos totais, turbidez, ferro dissolvido, cromo total, cobre dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 34%, seguido do chumbo total (20%), do alumínio dissolvido (14%), e do ferro dissolvido (11%), conforme Tabela 13. Para o cromo total e o cobre dissolvido, os percentuais de desacordos não ultrapassavam 3% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, chumbo total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e cromo total. Tendo ocorrido também registros inéditos de não conformidades para arsênio total, mercúrio total e níquel total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para cromo total, cobre dissolvido, arsênio total, mercúrio total e níquel total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido e cádmio total, de acordo com a Tabela 13, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores

aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez, os percentuais de não conformidade também se apresentaram mais elevados do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essas variáveis após o rompimento.

Tabela 13 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD053)

Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	69% (n=90)	SD	45% (n=11)	50% (n=8)	58% (n=12)
Manganês Total	34% (n=67)	100% (n=25)	37% (n=27)	24% (n=17)	17% (n=12)
Alumínio Dissolvido	14% (n=21)	100% (n=26)	33% (n=27)	71% (n=17)	58% (n=12)
Ferro Dissolvido	11% (n=53)	96% (n=26)	30% (n=27)	59% (n=17)	50% (n=12)
Turbidez	13% (n=91)	96% (n=26)	41% (n=27)	29% (n=17)	25% (n=12)
Fósforo Total	14% (n=90)	SD	9% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	13% (n=91)	96% (n=26)	19% (n=27)	12% (n=16)	8% (n=12)
Chumbo Total	20% (n=35)	48% (n=25)	7% (n=27)	6% (n=17)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=35)	4% (n=25)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	1% (n=90)	SD	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	2% (n=61)	0% (n=26)	7% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=91)	8% (n=26)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	3% (n=35)	8% (n=25)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=35)	0% (n=25)	0% (n=27)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=35)	8% (n=25)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=36)	8% (n=25)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=81)	4% (n=26)	0% (n=27)	0% (n=16)	0% (n=12)

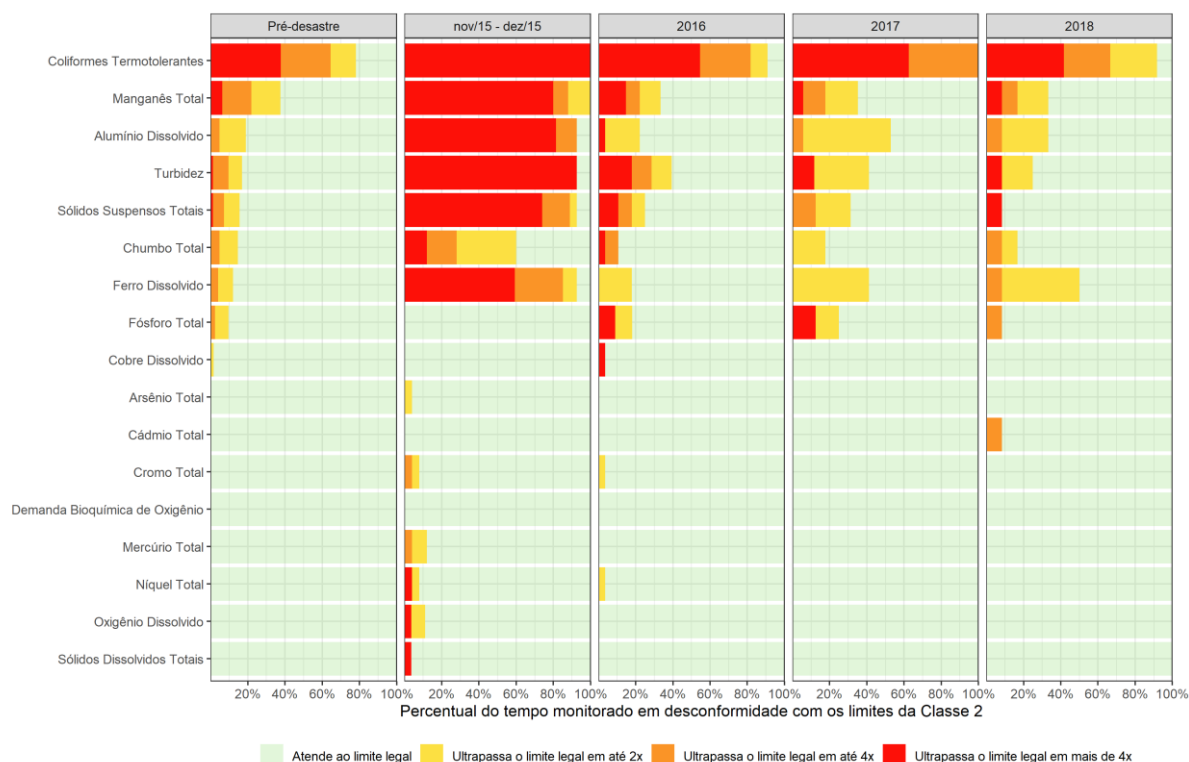
n: número total de observações no referido período

SD: sem dados

4.1.10 Conselheiro Pena/MG

Para o município Conselheiro Pena, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD058 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 2000. A Figura 12 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 14.

Figura 12 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD058)
RD058 - Rio Doce - Conselheiro Pena



De acordo com a Figura 12, antes do rompimento da barragem de Fundão, na estação RD058 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, alumínio dissolvido, turbidez, sólidos suspensos totais, chumbo total, ferro dissolvido, fósforo total e cobre dissolvido. Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 38%, seguido do alumínio dissolvido (19%), do chumbo total (15%) e do ferro dissolvido (12%), conforme Tabela 14. Para o cobre dissolvido, os percentuais de desacordos não ultrapassavam 2% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, chumbo total e ferro dissolvido. Tendo ocorrido registros inéditos de não conformidades para arsênio total, cromo total, mercúrio total e níquel total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para cobre dissolvido, arsênio total, cromo total, mercúrio total e níquel total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total e cádmio total, de acordo com a Tabela 14, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez, o percentual de não

conformidade também se apresentou mais elevado do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essa variável após o rompimento.

Tabela 14 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD058)

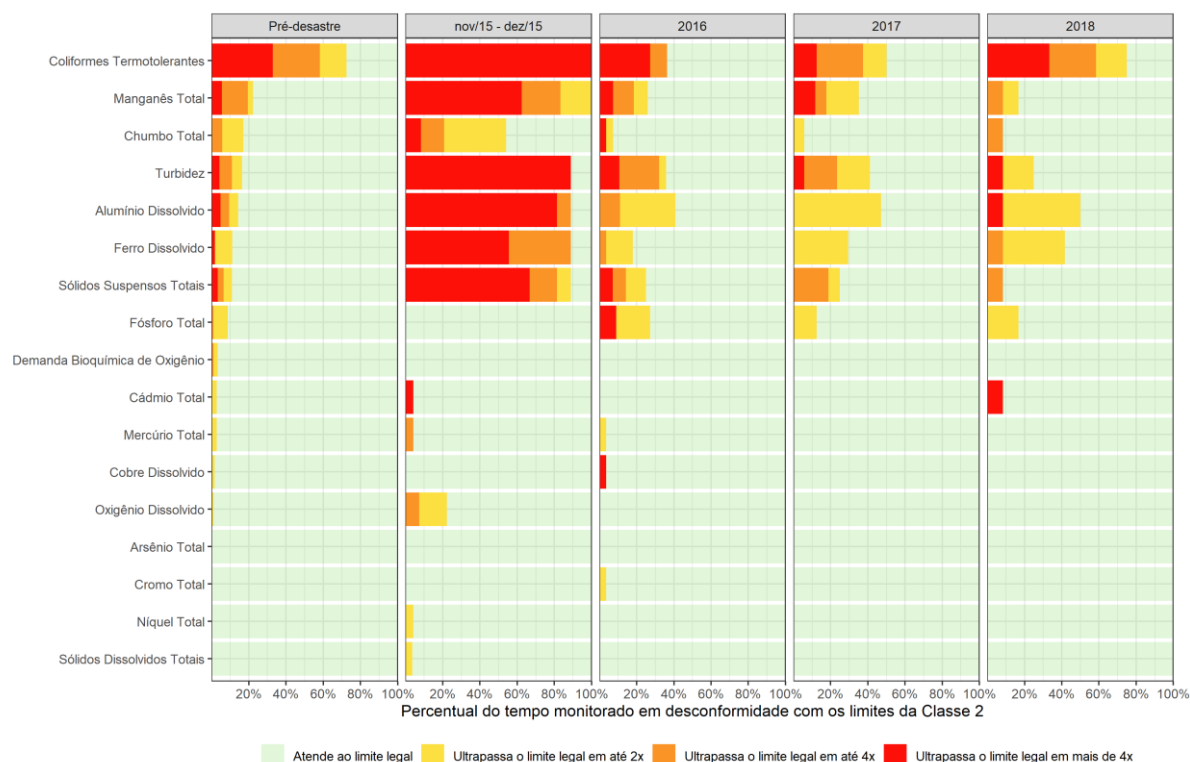
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	78% (n=82)	100% (n=1)	91% (n=11)	100% (n=8)	92% (n=12)
Manganês Total	38% (n=32)	100% (n=25)	33% (n=27)	35% (n=17)	33% (n=12)
Alumínio Dissolvido	19% (n=21)	93% (n=27)	22% (n=27)	53% (n=17)	33% (n=12)
Ferro Dissolvido	12% (n=50)	93% (n=27)	18% (n=28)	41% (n=17)	50% (n=12)
Turbidez	17% (n=83)	93% (n=27)	39% (n=28)	41% (n=17)	25% (n=12)
Fósforo Total	10% (n=83)	0% (n=1)	18% (n=11)	25% (n=8)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	16% (n=83)	93% (n=27)	25% (n=28)	31% (n=16)	8% (n=12)
Chumbo Total	15% (n=41)	60% (n=25)	11% (n=28)	18% (n=17)	17% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=32)	4% (n=25)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	0% (n=83)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	2% (n=61)	0% (n=27)	4% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=83)	11% (n=27)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=32)	8% (n=25)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=32)	0% (n=25)	0% (n=27)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=32)	8% (n=25)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=32)	12% (n=25)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=76)	4% (n=27)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.11 Resplendor/MG

Para o município de Resplendor, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD059 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1997. A Figura 13 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 15.

Figura 13 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD059)
RD059 - Rio Doce - Resplendor



De acordo com a Figura 13, antes do rompimento da barragem, na estação RD059 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, chumbo total, turbidez, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, sólidos suspensos totais, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), cádmio total, mercúrio total, cobre dissolvido e oxigênio dissolvido. Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 22%, seguido do chumbo total (17%), do alumínio dissolvido (14%), e do ferro dissolvido (11%), conforme Tabela 15. Para o cádmio total, o mercúrio total e o cobre dissolvido, os percentuais de desacordos não ultrapassavam 3% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, chumbo total, alumínio dissolvido e ferro dissolvido. Tendo ocorrido também desconformidades para o cádmio total e mercúrio total, além de registros inéditos de não conformidades para níquel total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para mercúrio total, cobre dissolvido, cromo total e níquel total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido e cádmio total, de acordo com a Tabela 15, ainda no ano de 2018 foram observados percentuais de desconformidades superiores

aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez, o percentual de não conformidade também se apresentou mais elevado do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essa variável após o rompimento.

Tabela 15 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD059)

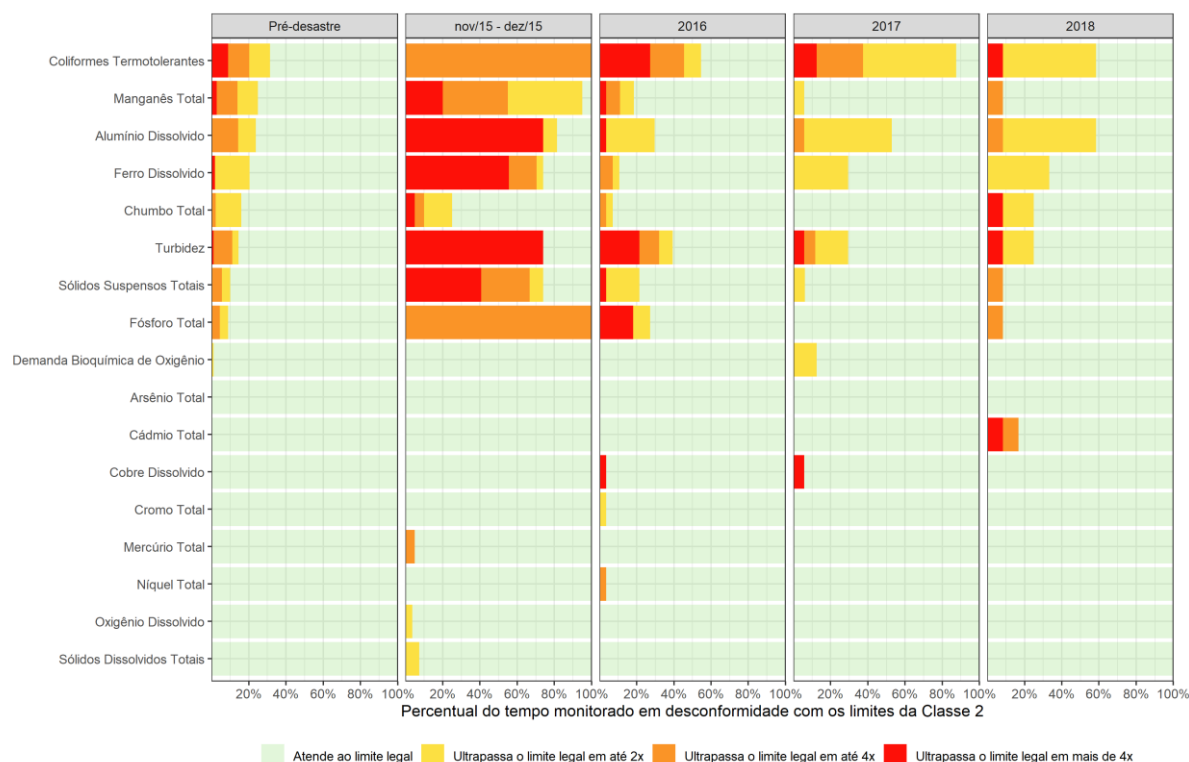
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	73% (n=91)	100% (n=1)	36% (n=11)	50% (n=8)	75% (n=12)
Manganês Total	22% (n=36)	100% (n=24)	26% (n=27)	35% (n=17)	17% (n=12)
Alumínio Dissolvido	14% (n=21)	89% (n=27)	41% (n=27)	47% (n=17)	50% (n=12)
Ferro Dissolvido	11% (n=54)	89% (n=27)	18% (n=28)	29% (n=17)	42% (n=12)
Turbidez	16% (n=92)	89% (n=27)	36% (n=28)	41% (n=17)	25% (n=12)
Fósforo Total	9% (n=91)	0% (n=1)	27% (n=11)	12% (n=8)	17% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	11% (n=92)	89% (n=27)	25% (n=28)	25% (n=16)	8% (n=12)
Chumbo Total	17% (n=35)	54% (n=24)	7% (n=27)	6% (n=17)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=36)	0% (n=24)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	3% (n=92)	0% (n=1)	0% (n=11)	0% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	2% (n=61)	0% (n=27)	4% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	1% (n=92)	22% (n=27)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=36)	0% (n=24)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	3% (n=35)	4% (n=24)	0% (n=27)	0% (n=17)	8% (n=12)
Níquel Total	0% (n=35)	4% (n=24)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	3% (n=37)	4% (n=24)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=82)	4% (n=27)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.12 Aimorés/MG e Baixo Guandu/ES

Entre os municípios de Aimorés/MG e Baixo Guandu/ES, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação RD067 do IGAM, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1998. A Figura 14 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 16.

Figura 14 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (RD067)
RD067 - Rio Doce - Aimorés



De acordo com a Figura 14, antes do rompimento da barragem, na estação RD067 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total, turbidez, sólidos suspensos totais, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Entre os EPTs, para o manganês total era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 25%, seguido do alumínio dissolvido (24%), do ferro dissolvido (20%), e do chumbo total (16%), conforme Tabela 16.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e chumbo total. Tendo ocorrido também registros inéditos de não conformidades para mercúrio total entre novembro/2015 e dezembro/2015 e de cobre dissolvido, cromo total e níquel total em 2016.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para cobre dissolvido, cromo total, mercúrio e níquel não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido, chumbo total e cádmio total, ainda no ano de 2018 (Tabela 16), foram observados percentuais de desconformidades superiores aqueles registrados antes do rompimento. Para a turbidez, o percentual de não conformidade também se apresentou mais elevado do que a condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidade para essa variável após o rompimento.

Tabela 16 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (RD067)

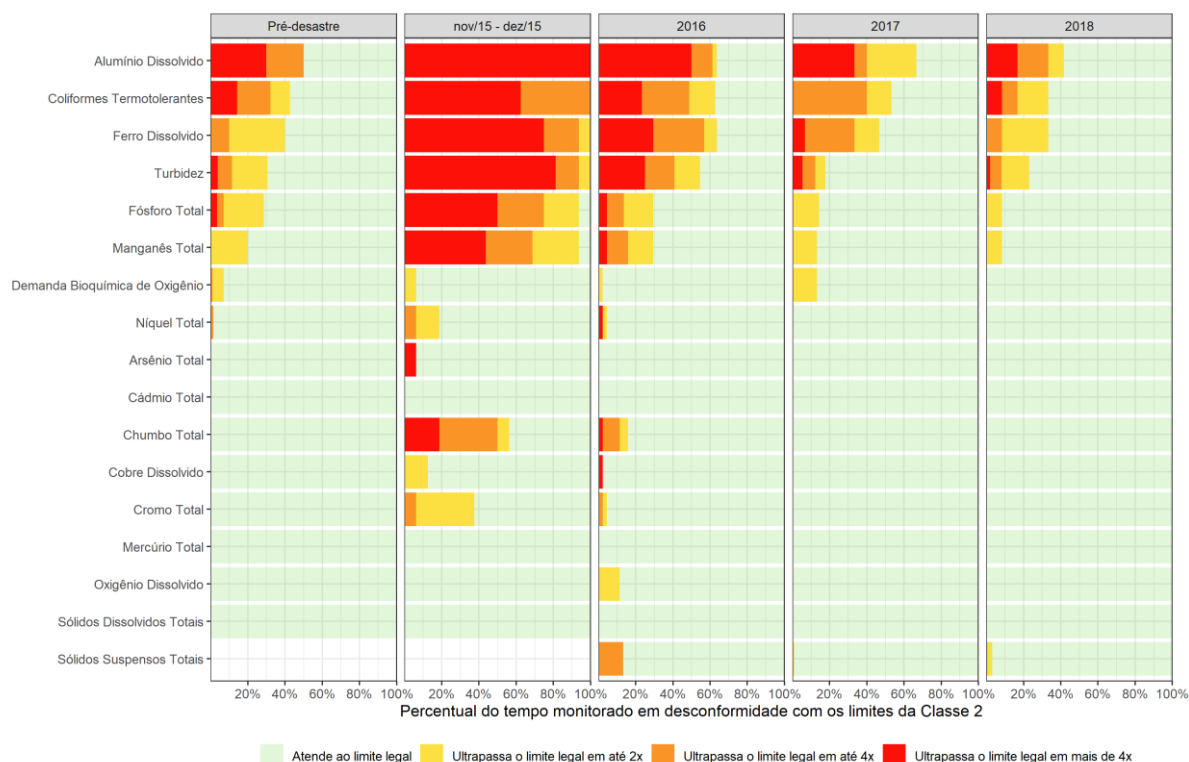
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	31% (n=89)	100% (n=1)	55% (n=11)	88% (n=8)	58% (n=12)
Manganês Total	25% (n=36)	95% (n=20)	19% (n=27)	6% (n=17)	8% (n=12)
Alumínio Dissolvido	24% (n=21)	81% (n=27)	30% (n=27)	53% (n=17)	58% (n=12)
Ferro Dissolvido	20% (n=54)	74% (n=27)	11% (n=28)	29% (n=17)	33% (n=12)
Turbidez	14% (n=90)	74% (n=27)	39% (n=28)	29% (n=17)	25% (n=12)
Fósforo Total	9% (n=90)	100% (n=1)	27% (n=11)	0% (n=8)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	10% (n=89)	74% (n=27)	21% (n=28)	6% (n=16)	8% (n=12)
Chumbo Total	16% (n=44)	25% (n=20)	7% (n=28)	0% (n=17)	25% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=35)	0% (n=20)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
DBO	1% (n=90)	0% (n=1)	0% (n=11)	12% (n=8)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=61)	0% (n=27)	4% (n=28)	6% (n=17)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=90)	4% (n=27)	0% (n=28)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=36)	0% (n=20)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=35)	0% (n=20)	0% (n=27)	0% (n=17)	17% (n=12)
Níquel Total	0% (n=35)	0% (n=20)	4% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=35)	5% (n=20)	0% (n=27)	0% (n=17)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=83)	7% (n=27)	0% (n=28)	0% (n=16)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.13 Colatina/ES

Para o município de Colatina, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação P2 do IEMA, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1999, época em que era denominada RDC1E010. Entretanto, o monitoramento histórico do órgão ambiental não contemplava EPTs. Portanto, para que fosse possível realizar as comparações entre os períodos pré e pós-desastre, foram solicitados ao Sanear Colatina dados de qualidade de água bruta anteriores ao rompimento, conforme detalhado na seção 3.1. Além disso, em agosto/2016 o IEMA encerrou o monitoramento, sendo que a partir de então foram utilizados dados da estação RDO 12 da Fundação Renova. A Figura 15 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 17.

Figura 15 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (P2)
P2 - Rio Doce - Colatina



De acordo com a Figura 15, antes do rompimento da barragem, na estação P2 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis alumínio dissolvido, coliformes termotolerantes, ferro dissolvido, turbidez, fósforo total, manganês total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e níquel total. Entre os EPTs, para o alumínio dissolvido era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 50%, seguido do ferro dissolvido (40%) e do manganês total (20%), conforme Tabela 17. Para o níquel total, o percentual de desacordos não ultrapassava 1% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total e níquel total. Tendo ocorrido também registros inéditos de não conformidades para arsênio total, chumbo total, cobre dissolvido e cromo total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para níquel total, arsênio total, chumbo total, cobre dissolvido e cromo total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido e ferro dissolvido de acordo com a Tabela 17, ainda no ano de 2018 foram observadas desconformidades. Para a turbidez e para os sólidos suspensos totais também foram observadas desconformidades em 2018. Estes percentuais de desconformidades, entretanto, foram inferiores aos observados no período pré-desastre.

Tabela 17 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (P2)

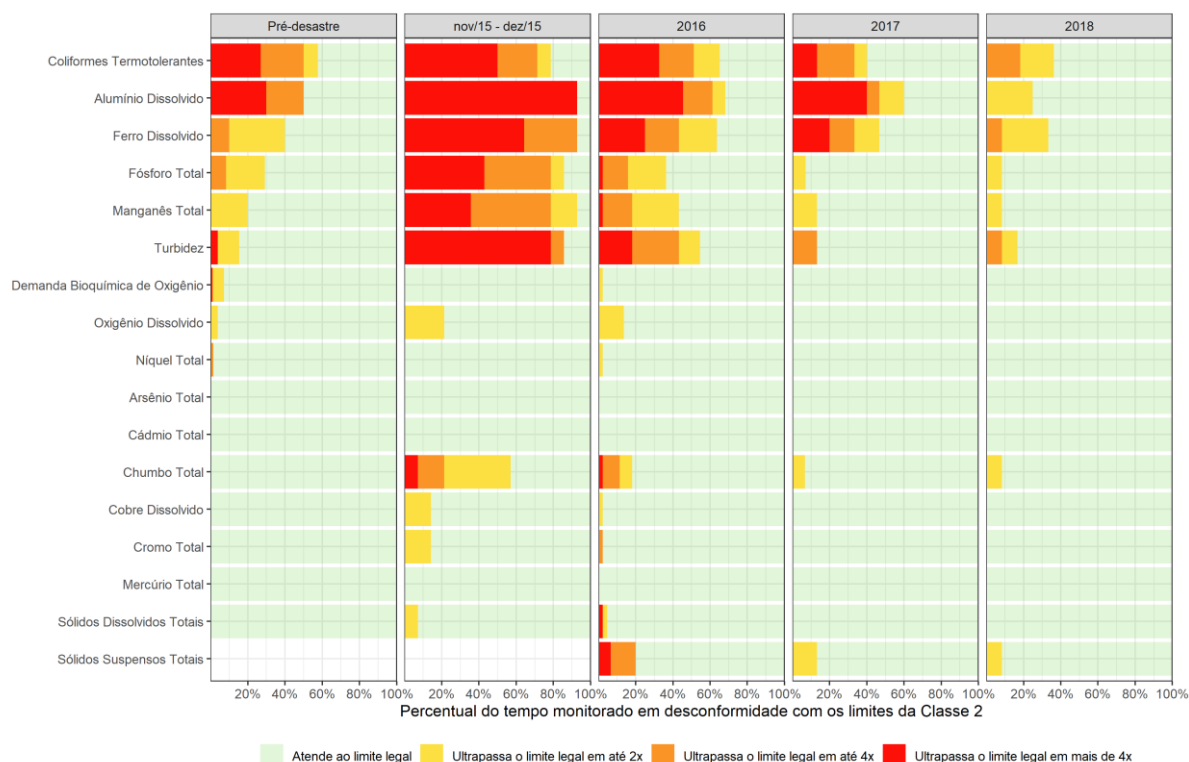
Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	43% (n=28)	100% (n=16)	63% (n=43)	53% (n=15)	33% (n=12)
Manganês Total	20% (n=10)	94% (n=16)	30% (n=44)	13% (n=15)	8% (n=12)
Alumínio Dissolvido	50% (n=10)	100% (n=16)	64% (n=44)	67% (n=15)	42% (n=12)
Ferro Dissolvido	40% (n=10)	100% (n=16)	64% (n=44)	47% (n=15)	33% (n=12)
Turbidez	31% (n=26)	100% (n=16)	55% (n=44)	18% (n=163)	23% (n=377)
Fósforo Total	29% (n=28)	94% (n=16)	30% (n=44)	14% (n=14)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais			13% (n=15)	1% (n=108)	3% (n=194)
Chumbo Total	0% (n=13)	56% (n=16)	16% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=74)	6% (n=16)	0% (n=13)	0% (n=5)	0% (n=12)
DBO	7% (n=99)	6% (n=16)	2% (n=44)	13% (n=15)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=46)	12% (n=16)	2% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	0% (n=28)	0% (n=15)	11% (n=44)	0% (n=161)	0% (n=377)
Cromo Total	0% (n=73)	38% (n=16)	5% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=13)	0% (n=16)	0% (n=13)	0% (n=5)	0% (n=12)
Níquel Total	1% (n=72)	19% (n=16)	5% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Mercúrio Total	0% (n=13)	0% (n=16)	0% (n=13)	0% (n=5)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=74)	0% (n=16)	0% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)

n: número total de observações no referido período

4.1.14 Linhares/ES

Para o município de Linhares, foram avaliados os dados de qualidade de água da estação P4 do IEMA, localizada no rio Doce. A referida estação teve seu monitoramento iniciado no ano de 1999, época em que era denominada RDC1D025. Entretanto, o monitoramento histórico do órgão ambiental não contemplava EPTs. Portanto, para que fosse possível realizar as comparações entre os períodos pré e pós-desastre, foram solicitados ao Sanear Colatina dados de qualidade de água bruta anteriores ao rompimento, conforme detalhado na seção 3.1. Além disso, em agosto/2016 o IEMA encerrou o monitoramento, sendo que a partir de então foram utilizados dados da estação RDO 15 da Fundação Renova. A Figura 16 apresenta, para cada período, o percentual de desconformidade para cada variável de qualidade de água considerando todas as observações obtidas dentro daquele intervalo de monitoramento, conforme Tabela 18.

Figura 16 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da classe 2 (P4)
P4 - Rio Doce - Linhares



De acordo com a Figura 16, antes do rompimento da barragem, na estação P4 já se observavam percentuais de desconformidade para as variáveis coliformes termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido e níquel total. Entre os EPTs, para o alumínio dissolvido era observado o maior percentual de desconformidade, chegando a 50% das observações, seguido do ferro dissolvido (40%) e do manganês total (20%), conforme Tabela 18. Para o níquel total, o percentual de desacordos não ultrapassava 1% das observações.

Com o rompimento, entre novembro/2015 e dezembro/2015, registrou-se um aumento de desconformidades para os EPTs alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. Tendo ocorrido também registros inéditos de não conformidades para chumbo total, cobre dissolvido e cromo total no local.

Com o passar do tempo, a tendência geral foi de queda no percentual de desconformidades em relação ao período de novembro/2015 a dezembro/2015, sendo que para cobre dissolvido e cromo total não foram mais observados desacordos em 2018.

Contudo, para os EPTs manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e chumbo total, de acordo com a Tabela 18, ainda no ano de 2018 foram observadas desconformidades. Estes percentuais de desconformidades, entretanto, foram inferiores aos observados no período pré-desastre. Para a turbidez, o percentual de não conformidade se apresentou mais elevados do que a

condição pré-desastre, indicando um aumento na frequência de não conformidades para essa variável após o rompimento.

Tabela 18 - Percentual de desconformidade em relação ao número total de observações (P4)

Variável	Pré-desastre	nov/15 - dez/15	2016	2017	2018
Coliformes Termotolerantes	58% (n=26)	79% (n=14)	65% (n=43)	40% (n=15)	36% (n=11)
Manganês Total	20% (n=10)	93% (n=14)	43% (n=44)	13% (n=15)	8% (n=12)
Alumínio Dissolvido	50% (n=10)	93% (n=14)	68% (n=44)	60% (n=15)	25% (n=12)
Ferro Dissolvido	40% (n=10)	93% (n=14)	64% (n=44)	47% (n=15)	33% (n=12)
Turbidez	15% (n=26)	86% (n=14)	55% (n=44)	13% (n=15)	17% (n=12)
Fósforo Total	29% (n=24)	86% (n=14)	36% (n=44)	7% (n=14)	8% (n=12)
Sólidos Suspensos Totais	SD	SD	20% (n=15)	13% (n=15)	8% (n=12)
Chumbo Total	0% (n=13)	57% (n=14)	18% (n=44)	7% (n=15)	8% (n=12)
Arsênio Total	0% (n=74)	0% (n=14)	0% (n=13)	0% (n=5)	0% (n=12)
DBO	7% (n=97)	0% (n=14)	2% (n=43)	0% (n=15)	0% (n=12)
Cobre Dissolvido	0% (n=46)	14% (n=14)	2% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Oxigênio Dissolvido	4% (n=26)	21% (n=14)	14% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Cromo Total	0% (n=73)	14% (n=14)	2% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Cádmio Total	0% (n=13)	0% (n=14)	0% (n=13)	0% (n=5)	0% (n=12)
Níquel Total	1% (n=72)	0% (n=14)	2% (n=44)	0% (n=15)	0% (n=12)
Mercurio Total	0% (n=13)	0% (n=14)	0% (n=13)	0% (n=5)	0% (n=12)
Sólidos Dissolvidos Totais	0% (n=73)	7% (n=14)	5% (n=43)	0% (n=15)	0% (n=11)

n: número total de observações no referido período

SD: sem dados

4.2 Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)

O índice de conformidade ao enquadramento (ICE), apresentado na seção 3.4, foi calculado para dois grupos de parâmetros de qualidade da água em relação aos limites da classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces. No primeiro grupo, todos os parâmetros de qualidade da água apresentados na Tabela 2 foram avaliados (na apresentação gráfica, representado na legenda por “Todos”). No segundo grupo de parâmetros, apenas os elementos potencialmente tóxicos (EPTs), que também foram apresentados na Tabela 2, foram considerados no cálculo do ICE, para a avaliação de atendimento ao enquadramento considerando apenas esses elementos com potencial tóxico (na apresentação gráfica, representado na legenda por “EPTs”).

De acordo com a Tabela 3, o ICE pode ser classificado em três categorias: conforme, afastado ou não conforme. A classificação conforme tem escala variando de 80 a 100, na qual o índice igual a 100 significa que em nenhum momento do período avaliado foram verificadas desconformidades com o limite utilizado. Nos casos em que o índice resulta inferior a 100 ($80 \leq \text{ICE} < 100$), isso significa que um ou mais parâmetros de qualidade da água apresentaram desconformidades com os limites

legislados. Ou seja, mesmo na categoria “conforme” são verificadas desconformidades em alguma quantidade.

Outra intenção ao se utilizar o referido índice, foi a avaliação da qualidade da água em relação ao período seco (abril a setembro) e chuvoso (outubro a março). Assim, para a avaliação do ICE, foram considerados o período de pré-desastre, o qual foi subdividido em período seco e chuvoso, e os períodos após o rompimento da barragem de Fundão, que foram subdivididos em novembro/2015 (mês da ocorrência do desastre), dezembro/2015 a março/2016 (primeiro período chuvoso posterior ao desastre) e, até o ano de 2018, os períodos foram subdivididos em períodos seco e chuvoso. Cabe destacar que, como o período final de avaliação foi dezembro/2018, o último período chuvoso compreendeu apenas três meses.

A Figura 17 apresenta o ICE calculado por estação de monitoramento, acompanhadas do rio e município em que estão localizadas. Em cada um dos gráficos, o resultado do ICE foi apresentado por período e grupo de parâmetros avaliados (Todos ou EPTs). Na referida figura, o ICE classificado como “conforme” é representado pela cor verde e “não conforme” pela cor vermelha. A classificação “afastado” é representada pela cor laranja, conforme a classificação do ICE apresentada na Tabela 3.

Na Figura 17, no período seco do pré-desastre, observou-se que, em nenhuma das estações avaliadas, o ICE foi igual a 100, ou seja, para um ou mais parâmetros, mesmo na classificação conforme, foram verificadas não conformidades com relação aos limites legislados, nos dois grupos avaliados (Todos e EPTs). As classificações do índice neste período variaram de “afastado” ou “conforme” nas estações avaliadas. Contudo, no grupo Todos, a classificação foi “afastado” em todas as estações, com ICE máximo de 79,5 na estação RD067 (Aimorés). Quando avaliados apenas o grupo EPTs, a classificação foi “afastado”, com exceção das estações RD023 (Marliéria), RD035 (Santana do Paraíso), RD083 (Periquito), RD067 (Aimorés), P2 (Colatina) e P4 (Linhares), nas quais a classificação foi “conforme”, com ICE máximo de 94,2 na estação RD083 (Periquito).

No período de pré-desastre chuvoso, na Figura 17, a classificação do ICE foi “afastado” para os dois grupos avaliados em todas as estações, com exceção da estação RD072 (Santa Cruz do Escalvado) que, no grupo EPTs foi classificado como “conforme”, com ICE de 81,5, e da estação RD033 (Belo Oriente) que apresentou classificação “não conforme” para o grupo Todos, com ICE de 40,1.

De maneira geral, quando avaliado o ICE do período do pré-desastre, no período seco foram verificados valores mais elevados do índice em relação ao período chuvoso, portanto, mais desconformidades foram verificadas no período chuvoso, indicando uma qualidade de água mais degradada. Ressalta-se, no entanto, que em ambos os períodos, na maior parte das estações e dos grupos avaliados, a classificação do ICE foi “afastado”, ou seja, as observações estiveram frequentemente em desacordo com os padrões de qualidade da água.

No mês de novembro/2015, em virtude do grande aporte de rejeitos provenientes da barragem de Fundão, a classificação do ICE para todas as estações e os dois grupos avaliados foi “não conforme”, ou seja, a maioria ou a totalidade das observações violou os limites da classe 2. Exceções se fizeram na estação P4 (Linhares), na qual a classificação foi “afastado” para os dois grupos avaliados, e na estação RD067 (Aimorés), para o grupo EPTs, com classificação “afastado”. Neste mês de avaliação, para o grupo EPTs, o ICE máximo foi de 52,5 e o valor mínimo do ICE foi de 15,5.

No primeiro período chuvoso após o desastre, entre dezembro/2015 e março/2016, ainda foram observadas classificações do ICE na categoria “não conforme”, mas também houve resultados classificados na categoria “afastado” (Figura 17). Considerando ambos os grupos (EPTs e Todos), a classificação foi “não conforme” nas estações RD071 (Barra Longa), RD072 (Santa Cruz do Escalvado), P2 (Colatina) e P4 (Linhares). Nas demais estações, para o grupo EPTs, a classificação foi “afastado”. No grupo Todos, a classificação foi “afastado” para as estações RD083 (Periquito), RD053 (Tumiritinga) e RD067 (Aimorés). Nas demais estações, a classificação foi “não conforme”. O ICE máximo neste período foi de 62,5 para o grupo EPTs e o valor mínimo do ICE foi de 28,4 para o grupo EPTs.

No primeiro período seco após o desastre, entre abril/2016 e setembro/2016, as classificações do ICE foram “afastado” e “conforme” nas estações avaliadas (Figura 17). Ou seja, nesse período, não houve mais classificações do ICE na categoria “não conforme”. A classificação “afastado” foi verificada, tanto para o grupo EPTs quanto para o grupo Todos, nas estações RD072 (Santa Cruz do Escalvado), RD019 (São Domingos do Prata), RD023 (Marliéria), RD035 (Santana do Paraíso), RD033 (Belo Oriente) e P2 (Colatina). A classificação “conforme”, tanto para o grupo EPTs quanto para o grupo Todos, foi verificada nas estações RD053 (Tumiritinga), RD058 (Conselheiro Pena), RD059 (Resplendor) e RD067 (Aimorés). Ressalta-se que, em nenhuma das estações avaliadas neste período, o ICE foi igual a 100. Nas demais estações, foi verificada conformidade para um dos grupos e, para o outro grupo avaliado, classificação afastado. Por exemplo, na estação RD071 (Barra Longa), a classificação foi “conforme” para o grupo EPTs, enquanto para o grupo Todos, a classificação foi “afastado”. Na estação RD083 (Periquito), por outro lado, a classificação do grupo EPTs foi “afastado”, enquanto o grupo Todos teve classificação “conforme”.

No período chuvoso compreendido entre outubro/2016 e março/2017, a classificação do ICE para os dois grupos (EPTs e Todos) avaliados foi de “afastado”. Duas exceções foram verificadas, nas estações RD083 (Periquito) e P2 (Colatina). Na estação RD083 (Periquito), o grupo EPTs foi classificado como “conforme” (com ICE<100) e, na estação P2 (Colatina), o grupo Todos foi classificado como “não conforme”, com ICE de 44,9.

No período seco compreendido entre abril/2017 e setembro/2017, de maneira geral, a classificação nos dois grupos avaliados foi “conforme”. Para o grupo EPTs foi verificado o ICE igual a

100 nas estações RD071 (Barra Longa), RD072 (Santa Cruz do Escalvado), RD033 (Belo Oriente), RD083 (Periquito), RD044 (Governador Valadares), RD045 (Governador Valadares), RD058 (Conselheiro Pena), RD059 (Resplendor) e RD067 (Aimorés), o que significa que não foram verificadas não conformidades com a legislação no grupo EPTs. Para o grupo Todos, foi verificado ICE igual a 100 nas estações RD083 (Periquito) e RD059 (Resplendor). Exceções foram observadas nas estações RD019 (São Domingos da Prata), RD035 (Santana do Paraíso), P2 (Colatina) e P4 (Linhares). Nas estações RD019 (São Domingos da Prata), P2 (Colatina) e P4 (Linhares), a classificação do ICE para o grupo EPTs foi afastado. Na estação RD035 (Santana do Paraíso), a classificação foi “afastado” para o grupo Todos. Contudo, há de se destacar que o número de observações relativo ao período em questão foi inferior aos demais períodos, visto que entre abril/2017 e junho/2017, o IGAM teve seu programa de monitoramento pausado.

No período chuvoso compreendido entre outubro/2017 a março/2018, a classificação do ICE nas estações foi “afastado”, com exceção da estação RD044 (Governador Valadares), que apresentou classificação “não conforme” para o grupo Todos (com ICE de 44,5).

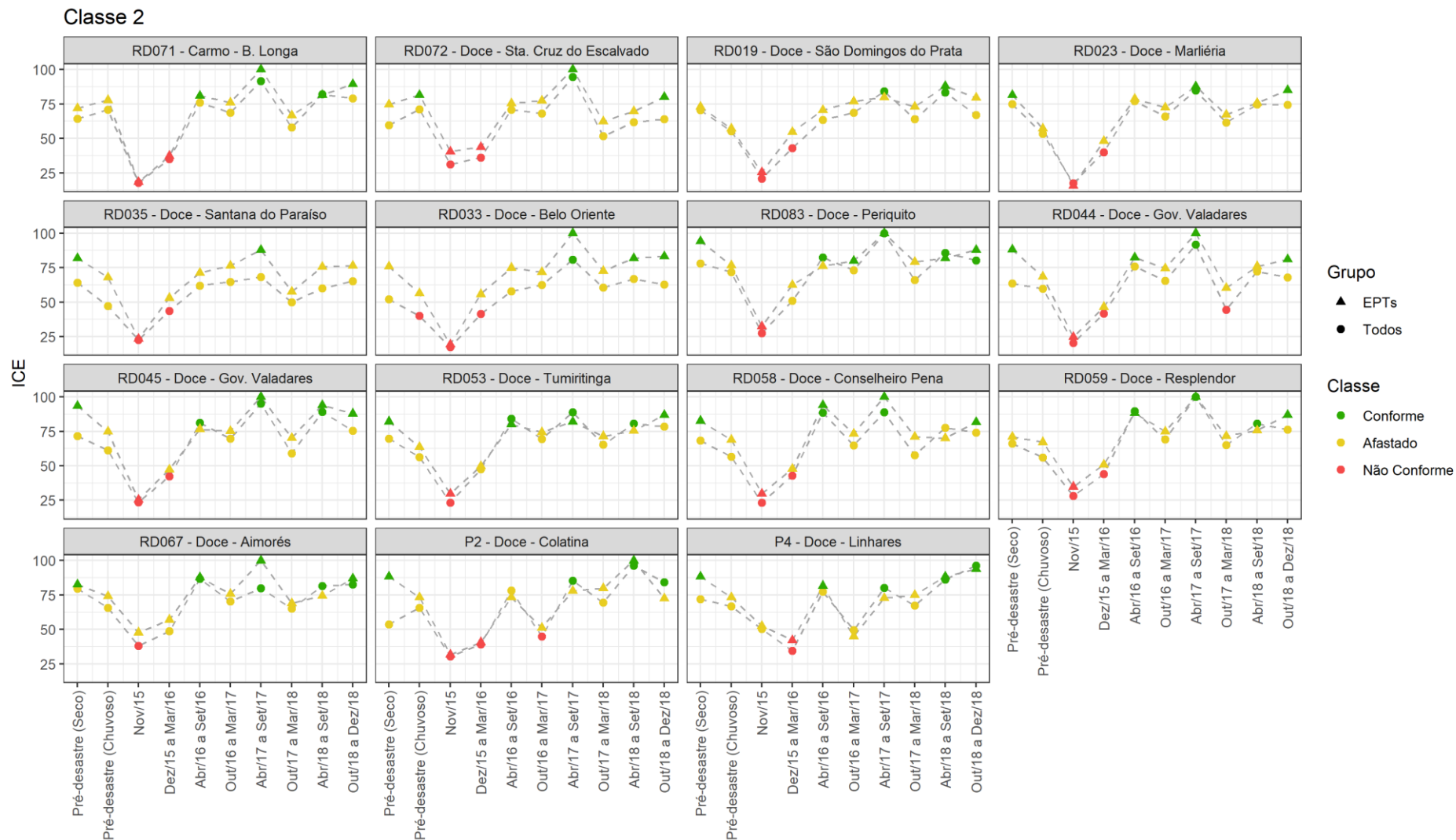
No período seco compreendido entre abril/2018 e setembro/2018, a classificação do ICE foi “afastado” ou “conforme” nas estações. Nas estações RD071 (Barra Longa), RD019 (São Domingos da Prata), RD083 (Periquito), RD045 (Governador Valadares), P2 (Colatina) e P4 (Linhares) foi verificada a classificação “conforme” para os dois grupos avaliados, sendo que o ICE igual a 100 foi verificado na estação P2 (Colatina) no grupo EPTs. No caso das estações RD072 (Santa Cruz do Escalvado), RD023 (Marliéria), RD035 (Santana do Paraíso), RD044 (Governador Valadares) e RD058 (Conselheiro Pena), a classificação “afastado” foi verificada para os dois grupos avaliados. Na estação RD033 (Belo Oriente) foi verificada a classificação “conforme” para o grupo EPTs e “afastado” para o grupo Todos. No caso das estações RD053 (Tumiritinga) e RD059 (Resplendor), foi verificada a classificação “conforme” para o grupo Todos e “afastado” para o grupo EPTs.

No período chuvoso compreendido entre outubro/2018 e dezembro/2018, na Figura 17, a classificação do ICE foi conforme ou afastado nas estações. A classificação foi “conforme” para os dois grupos avaliados nas estações RD083 (Periquito), RD067 (Aimorés) e P4 (Linhares). Nas estações RD019 (São Domingos do Prata) e RD035 (Santana do Paraíso) foi verificada a classificação “afastado” para os dois grupos. Nas estações RD071 (Barra Longa), RD072 Santa Cruz do Escalvado, RD023 (Marliéria), RD033 (Belo Oriente), RD044 (Governador Valadares), RD045 (Governador Valadares), RD053 (Tumiritinga), RD058 (Conselheiro Pena) e RD059 (Resplendor) a classificação foi “conforme” para o grupo EPTs e “afastado” para o grupo Todos. Na estação P2 (Colatina), por outro lado, a classificação foi “conforme” para o grupo Todos e “afastado” para o grupo EPTs. Ressalta-se que, como o período

final de avaliação deste relatório é dezembro/2018, no último período chuvoso foram avaliados apenas três meses de monitoramento da qualidade da água.

Após o rompimento da barragem de Fundão, em novembro/2015, houve queda nos valores do ICE em relação às condições pré-desastre, sendo que valores menores para o ICE ainda foram registrados entre dezembro/2015 e março/2016. Com o passar do tempo, os valores do índice foram aumentando gradualmente, indicando um processo de recuperação do meio. Em relação à avaliação da qualidade da água de acordo com o período seco e chuvoso, foram verificadas mais desconformidades nos períodos chuvosos avaliados, tanto no período de pré quanto de pós-desastre. De maneira geral, foram observadas as classificações “afastado” e “não conforme” nesses períodos. Nos períodos secos avaliados, foram verificadas as classificações “afastado” e “conforme”, indicando que em tais períodos, a qualidade da água é melhor em relação aos períodos chuvosos avaliados. No entanto, ressalta-se que, mesmo na classificação conforme, se o ICE foi inferior a 100, significa que um ou mais parâmetros de qualidade da água apresentaram não conformidades com relação à legislação. É importante destacar que, após o rompimento da barragem de Fundão, não foram verificadas médias mensais de chuvas superiores às médias históricas mensais (com exceção de janeiro/2016) no período avaliado. Desta maneira, não foram verificadas vazões elevadas para avaliação da qualidade da água nas estações afetadas pela passagem da lama de rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão, principalmente nos períodos chuvosos, que apresentam qualidade da água mais degradada.

Figura 17 – Índice de conformidade ao enquadramento (ICE) em relação à classe 2, avaliado para os períodos secos e chuvosos, considerando os períodos de pré e pós-desastre.



5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO HUMANO À LUZ DOS PADRÕES ESTABELECIDOS NO ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO DO MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 05/2017

No presente apêndice, são apresentados também resultados de qualidade da água para o consumo humano à luz dos padrões estabelecidos na Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, que dispõem sobre o padrão de potabilidade e os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano. No que tange o padrão de potabilidade da água para consumo humano descrito no Capítulo V do Anexo XX dessa Portaria, o padrão de potabilidade é composto, simplificada, pelo padrão microbiológico, padrão de turbidez para água distribuída, padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas e o padrão referente ao controle do processo de desinfecção e cloração. Além dos padrões de potabilidade para a água para consumo humano, a mesma Portaria também estabelece, através do capítulo VI, dos planos de amostragem da água tratada realizados pelos responsáveis pelo controle dos sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano.

6 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS DADOS

6.1 Localidades avaliadas

Entre os 39 municípios que margeiam os rios afetados (rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce) pela passagem da onda de rejeitos proveniente do rompimento da barragem de Fundão, 13 tiveram seus sistemas de abastecimento inviabilizados, pois possuíam captação ativa nestes rios no momento do desastre ou então tiveram seus sistemas de tratamento soterrados pelo volume liberado de rejeitos de mineração.

Em virtude deste aporte de rejeitos aos corpos hídricos, as captações de água bruta para abastecimento público foram interrompidas pelos prestadores de serviços devido à dificuldade de tratamento da água pelos sistemas convencionais ou impossibilidade de captação da água. Desta forma, os parâmetros de qualidade da água para consumo humano foram avaliados nas seguintes localidades impactadas conforme disponível na Tabela 19.

Tabela 19 - Localidades que tiveram seus sistemas de abastecimento impactados em decorrência do rompimento da barragem de Fundão.

Município	Localidade	Operador	Pop. Abastecida (habitantes)
Barra Longa	Distrito de Gesteira	Prefeitura	N/D ⁽²⁾
Belo Oriente	Distrito de Perpétuo Socorro	COPASA	21.600
Periquito	Distrito de Pedra Corrida	COPASA	4.951

Município	Localidade	Operador	Pop. Abastecida (habitantes)
Barra Longa	Distrito de Gesteira	Prefeitura	N/D ⁽²⁾
Alpercata	Sede Municipal	COPASA	4.648
Gov. Valadares	Sede Municipal	SAAE	279.604
Gov. Valadares	Distrito de São Vitor	SAAE	N/D ⁽²⁾
Galiléia	Sede Municipal	SAAE	4.002
Tumiritinga	Sede Municipal	SAAE	N/D ⁽²⁾
Tumiritinga	Distrito de São Tomé do Rio Doce	Prefeitura	N/D ⁽²⁾
Resplendor	Sede Municipal	COPASA	10.897
Itueta	Sede Municipal	COPASA	3.190
Aimorés	Distrito de Santo Antônio do Rio Doce	SAAE	19.821
Baixo Guandu	Sede Municipal	SAAE	31.467
Baixo Guandu	Distrito de Mascarenhas	SAAE	N/D ⁽²⁾
Colatina	Sede Municipal	SANEAR	115.107
Colatina	IFES de Itapina	SANEAR	N/D ⁽²⁾
Linhares	Sede Municipal	SAAE	163.662
Linhares	Distrito de Regência	SAAE	N/D ⁽²⁾

⁽¹⁾ Fonte: Adaptado de SNIS (2015) – valor referente a toda a população do município;

⁽²⁾ Informação não disponível.

6.2 Parâmetros de qualidade da água

A água potável deve atender a critérios rígidos de qualidade, ou seja, não deve conter elementos nocivos à saúde humana e nem possuir odor, sabor ou aparência desagradável (TSUTIYA, 2006). Desta forma, a qualidade de água para consumo humano deve atender às exigências da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, que estabelece valores máximos permitidos para parâmetros microbiológicos, como coliformes totais; físico-químicos, como turbidez; e outros compostos que podem representar riscos à saúde humana, como metais e compostos orgânicos (BRASIL, 2017). A Tabela 20 e a Tabela 21 apresentam os principais parâmetros de qualidade da água para consumo humano.

Tabela 20 - Padrão microbiológico para a água para consumo humano

Parâmetro	VMP (Valor Máximo Permitido)
Água para consumo humano – <i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 ml
Água tratada na saída do tratamento – Coliformes totais	Ausência em 100 ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede) – <i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 ml
Água tratada no sistema de distribuição ⁽¹⁾ (reservatórios e rede) – Coliformes totais	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
Água tratada no sistema de distribuição ⁽²⁾ (reservatórios e rede) – Coliformes totais	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo

⁽¹⁾ Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes;

⁽²⁾ Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes.

Tabela 21 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

Parâmetro	VMP	Unidade
INORGÂNICOS		
Antimônio	0,005	mg/L
Arsênio	0,01	mg/L
Bário	0,7	mg/L
Cádmio	0,005	mg/L
Chumbo	0,01	mg/L
Cianeto	0,07	mg/L
Cobre	2	mg/L
Cromo	0,05	mg/L
Fluoreto	1,5	mg/L
Mercúrio	0,001	mg/L
Níquel	0,07	mg/L
Nitrato (como N)	10	mg/L
Nitrito (como N)	1	mg/L
Selênio	0,01	mg/L
Urânio	0,03	mg/L
ORGÂNICOS		
Acrilamida	0,5	µg/L
Benzeno	5	µg/L
Benzo[a]pireno	0,7	µg/L
Cloreto de Vinila	2	µg/L
1,2 Dicloroetano	10	µg/L
1,1 Dicloroetano	30	µg/L
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	50	µg/L
Diclorometano	20	µg/L
Di(2-etilhexil) ftalato	8	µg/L
Estireno	20	µg/L
Pentaclorofenol	9	µg/L
Tetracloroeto de Carbono	4	µg/L
Tetracloroetano	40	µg/L
Triclorobenzenos	20	µg/L
Tricloroetano	20	µg/L
AGROTÓXICOS		
2,4 D + 2,4,5 T	30	µg/L
Alaclor	20	µg/L
Aldicarbe + Aldicarbesulfona +Aldicarbesulfóxido	10	µg/L

Parâmetro	VMP	Unidade
Aldrin + Dieldrin	0,03	µg/L
Atrazina	2	µg/L
Carbendazim + benomil	120	µg/L
Carbofurano	7	µg/L
Clordano	0,2	µg/L
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	30	µg/L
DDT+DDD+DDE	1	µg/L
Diuron	90	µg/L
Endossulfan (a b e sais)	20	µg/L
Endrin	0,6	µg/L
Glifosato + AMPA	500	µg/L
Lindano (gama HCH)	2	µg/L
Mancozebe	180	µg/L
Metamidofós	12	µg/L
Metolacoloro	10	µg/L
Molinato	6	µg/L
Parationa Metílica	9	µg/L
Pendimentalina	20	µg/L
Permetrina	20	µg/L
Profenofós	60	µg/L
Simazina	2	µg/L
Tebuconazol	180	µg/L
Terbufós	1,2	µg/L
Trifluralina	20	µg/L
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Ácidos haloacéticos total	0,08	mg/L
Bromato	0.01	mg/L
Clorito	1	mg/L
Cloro residual livre	5	mg/L
Cloraminas Total	4,0	mg/L
2,4,6 Triclorofenol	0,2	mg/L
Trihalometanos Total	0,1	mg/L

A turbidez e a cor são os principais parâmetros físicos analisados na qualidade da água potável pois refletem, respectivamente, as substâncias em suspensão e as dissolvidas neste meio. Desta forma, conforme a Portaria, o valor de cor aparente deve ser mantido abaixo de 15 uH (Unidade Hazen) e a turbidez para a água após a filtração (ou antes da desinfecção) deve ser mantida conforme definido na Tabela 22.

Tabela 22 - Padrão de turbidez para a água após etapa de filtração

Etapa do tratamento da água	VMP
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 UNT em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 UNT em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 UNT em 95% das amostras

Para manter a qualidade microbiológica da água após a desinfecção, deve-se manter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L na saída do sistema de abastecimento, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição. O procedimento para a cloração da água pode ser verificado nos Anexos 4, 5 e 6 do Anexo XX Portaria de Consolidação nº 5.

Além disso, a água para o consumo humano deve estar dentro dos padrões organoléptico de potabilidade (Tabela 23), de radioatividade (Tabela 24) e de cianotoxinas (Tabela 25).

Tabela 23 – Padrão organoléptico de potabilidade para consumo humano

Parâmetro	Unidade	VMP
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH	15
1,2 diclorobenzeno	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	mg/L	0,03
Dureza total	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Gosto e odor	Intensidade	6
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UNT	5
Zinco	mg/L	5
Xilenos	mg/L	0,3

Tabela 24 - Padrão de radioatividade da água para consumo humano

Parâmetro	Unidade	VMP
Rádio-226	Bq/L	1
Rádio-228	Bq/L	0,1

Tabela 25 - Padrão de cianotoxinas da água para consumo humano

Parâmetro	Unidade	VMP
Microcistinas	µg/L	1,0
Saxitoxinas	µg equivalente STX/L	3,0

A quantidade mínima de amostras de água a serem coletadas para análise, bem como a frequência de amostragem, conforme disposto no Anexo 12 do Anexo XX da Portaria de Potabilidade podem ser visualizadas no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento

ANEXO 12 DO ANEXO XX – ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E DE RADIOATIVIDADE									
Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)					
		Nº Amostras	Frequência	Número de amostras			Frequência		
				População abastecida					
				<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.	<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.
Cor	Superficial	1	A cada 2 horas	10	1 para cada 5 mil hab.	40 + (1 para cada 25 mil hab.)	Mensal		
	Subterr.	1	Semanal	5	1 para cada 10 mil hab.	20 + (1 para cada 50 mil hab.)	Mensal		
Turbidez, Cloro Residual Livre ⁽¹⁾ , Cloraminas ⁽¹⁾ , Dióxido de Cloro ⁽¹⁾	Superficial	1	A cada 2 horas	Conforme § 3º do Artigo 41			Conforme § 3º do Artigo 41		
	Subterr.	1	2 vezes por semana						
pH e fluoreto	Superficial	1	A cada 2 horas	Dispensada a análise			Dispensada a análise		
	Subterr.	1	2 vezes por semana						
Gosto e odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensada a análise			Dispensada a análise		
	Subterr.	1	Semestral						

ANEXO 12 DO ANEXO XX – ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E DE RADIOATIVIDADE									
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal quando n° de cianobactérias 20.000 células/ml	Dispensada a análise			Dispensada a análise		
Produtos secundários da desinfecção	Superficial	1	Trimestral	1 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾	Trimestral		
	Subterr.	Dispensada a análise	Dispensada a análise	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	Anual	Semestral	Semestral
Demais parâmetros (3)(4)	Superficial ou Subterr.	1	Semestral	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	Semestral		

(1) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado;

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição;

(3) A definição da periodicidade de amostragem para o quesito de radioatividade será definida após o inventário inicial, realizado semestralmente no período de 2 anos, respeitando a sazonalidade pluviométrica;

(4) Para agrotóxicos, observar o disposto no parágrafo 5º do artigo 41;

(5) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

6.3 Avaliação de desconformidades

A avaliação das desconformidades em relação à água para o consumo humano foi realizada através de laudos de qualidade da água emitidos por laboratórios contratados pela Samarco/Fundação Renova, mais especificamente no ponto de distribuição das ETAs impactadas, para acompanhamento da sua respectiva qualidade conforme determinado pela Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017.

Conforme exposto no Quadro 1, os prestadores de serviço de abastecimento de água realizam semestralmente a análise para substâncias químicas que representam risco à saúde humana, ou seja, há apenas dois resultados por ano para alguns EPTs, como por exemplo, para o cádmio, o cromo e o chumbo. Portanto, devido à esta escassez de resultados dos operadores do sistema e para a realização de uma abordagem mais fiel à realidade, optou-se pela avaliação dos resultados da qualidade da água para consumo humano contratados pela Samarco/Fundação Renova. O número de análises para cada ETA com laudos de qualidade da água potável disponibilizados encontra-se no Quadro 2.

É importante ressaltar que das 13 localidades impactadas (Tabela 19) não foi avaliada a qualidade da água para os distritos de Gesteira e São Tomé do Rio Doce, e as localidades de Linhares, em virtude da ausência de laudos de qualidade da água para estes sistemas de abastecimento. Além disso, muitos laudos não contemplam totalmente a lista de parâmetros da Portaria do Ministério da

Saúde, portanto, para algumas substâncias, foram realizados menos ensaios do que o expresso no Quadro 2.

Foram analisados pelo Lactec os resultados das análises de substâncias químicas na água que representam risco à saúde e que podem ser associados à rejeitos de mineração, sendo estes: alumínio, antimônio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel e selênio, além da turbidez. Os resultados das análises do monitoramento da água foram comparados aos limites estabelecidos na Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde, regulamentada pela Portaria Consolidação Nº 5 – Anexo XX, tendo sido quantificado o número de vezes que ocorreram não conformidades, ou seja, quando os valores medidos nas amostras foram superiores aos valores máximos dispostos na legislação. Em relação à análise da turbidez, como os laudos não deixam claro o ponto de coleta da água tratada (saída da etapa de filtração ou após o tanque de contato) e o sistema de filtração (rápido ou lento), para esta avaliação, consideramos 1,0 NTU como valor máximo permitido, ressaltando que, conforme descreve a Portaria, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 NTU em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Quadro 2 - Número de laudos anuais de qualidade da água potável nos respectivos SAA impactados

SAA	Ano	N ⁽¹⁾	SAA	Ano	N ⁽¹⁾	SAA	Ano	N ⁽¹⁾
ETA Aimorés	2015	3	ETA IFES de Itapina	2015	38	ETA Santa Rita – Gov. Valadares	2015	3
	2016	1		2016	129		2016	42
	2017	0		2017	87		2017	48
	2018	0		2018	22		2018	15
ETA Alpercata	2015	0	ETA II Colatina	2015	60	ETA São Vitor - Gov. Valadares	2015	0
	2016	22		2016	176		2016	38
	2017	22		2017	85		2017	44
	2018	4		2018	22		2018	16
ETA Baixo Guandu	2015	0	ETA V Colatina	2015	18	ETA Tumiritinga	2015	1
	2016	2		2016	116		2016	26
	2017	0		2017	87		2017	22
	2018	0		2018	22		2018	4
ETA Cachoeira Escura	2015	15	ETA Pedra Corrida	2015	3	ETA Vila Isa - Gov. Valadares	2015	3
	2016	36		2016	23		2016	43
	2017	22		2017	17		2017	44
	2018	4		2018	4		2018	15
ETA Central - Gov. Valadares	2015	6	ETA Recanto dos Sonhos - Gov. Valadares	2015	2	ETA Galileia	2015	8
	2016	44		2016	37		2016	34
	2017	44		2017	47		2017	21
	2018	16		2018	16		2018	4
ETA I Colatina	2015	63	ETA Resplendor	2015	2	ETA Itueta	2015	2
	2016	178		2016	3		2016	2
	2017	86		2017	0		2017	0

SAA	Ano	N ⁽¹⁾	SAA	Ano	N ⁽¹⁾	SAA	Ano	N ⁽¹⁾
	2018	24		2018	0		2018	0

⁽¹⁾ Número de análises da qualidade da água para consumo humano realizados naquele ano.

Os resultados das não conformidades com a legislação estão apresentados em gráficos. O gráfico da Figura 38, por exemplo, representa a porcentagem de resultados não conformes com a portaria em relação ao número total de análises realizadas ao longo do período de 2015 a 2018. Cada gráfico se refere a uma ETA monitorada, e em todas foram avaliados os mesmos parâmetros. No eixo horizontal inferior estão identificados os parâmetros e na parte superior o número total de análises para cada substância. O eixo vertical se refere a porcentagem de resultados não conformes, sendo que os valores foram destacados individualmente sobre cada barra.

Assim como no exemplo do gráfico da Figura 39, as informações do monitoramento foram detalhadas por ano, considerando o mesmo período de tempo (novembro de 2015 até abril de 2018). Os resultados não conformes com a portaria foram classificados em relação ao número de vezes que superaram o limite legislado em cada ano de monitoramento. A classe que identifica os valores que ultrapassaram o limite em até 1,5 vezes está representada pela cor amarela. A cor vermelha se refere aos resultados com valor maior que o dobro do limite da portaria. A classe que agrupa os resultados intermediários está identificada na cor laranja. Os dados conformes com a portaria estão destacados na cor verde, e a cor branca identifica ausência de informação. No gráfico se especifica a porcentagem de desconformidades para cada classe em relação ao número de análises anuais. A porcentagem total de resultados não conformes para cada ano é o somatório das porcentagens das classes.

7 RESULTADOS

Com o distanciamento da onda de lama em direção à foz do rio Doce, os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) iniciaram testes para a retomada da captação da água bruta dos rios afetados e tratamento nas Estações de Tratamento de Água (ETA). Os resultados dos laudos laboratoriais contratados pela Samarco/Fundação Renova entre 2015 e 2018 da água tratada foram avaliados de acordo com o percentual de desconformidades dos EPTs.

Na análise dos 13 municípios e respectivos distritos, não foram incluídos os dados de medições realizadas nas ETAs de Baixo Guandu, Resplendor e Itueta, pois não apresentaram não conformidades. Contudo, é importante ressaltar que haviam dados destes locais disponíveis somente para o período entre 2015 e 2016 e que, no total, não superaram 5 amostragens por local.

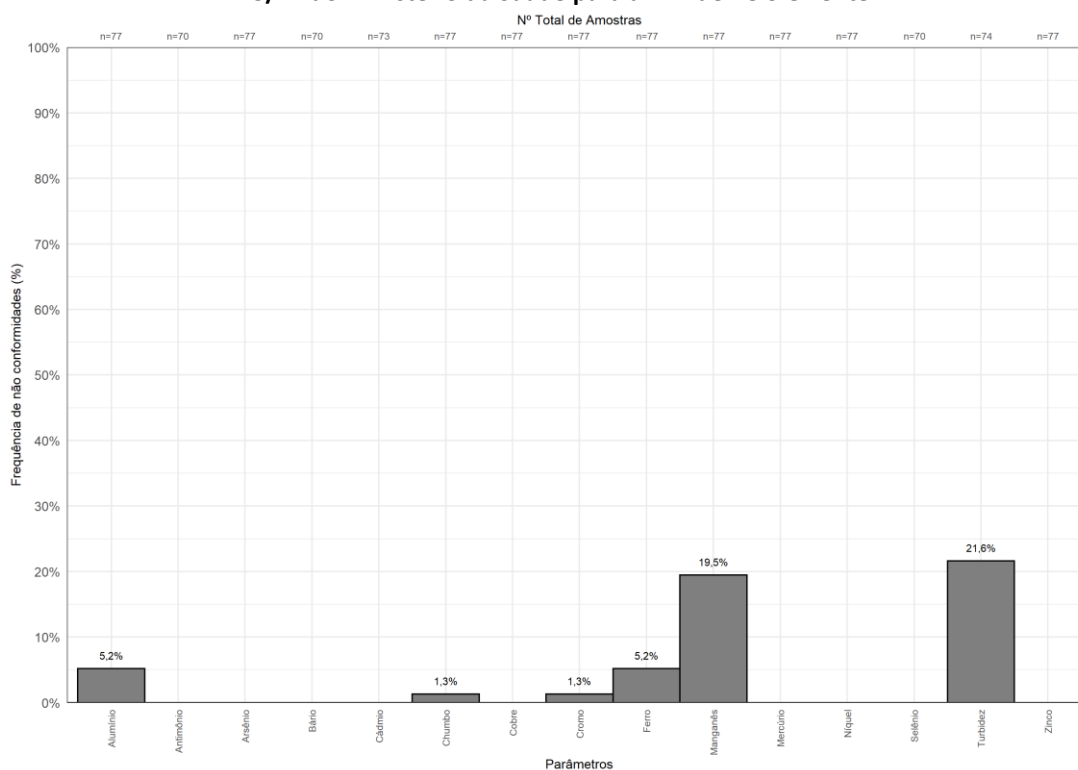
A seguir estão descritos os resultados dos laudos avaliados para a qualidade da água tratada em cada município.

7.1 Belo Oriente/MG – distrito de Cachoeira Escura

Em Belo Oriente, na ETA Cachoeira Escura, entre 2015 e 2018, o número total de amostragens variou entre 70 e 77. A frequência de desconformidades dos EPTs foi de 5,2% para o alumínio, 1,3% para o chumbo, 1,3% para o cromo, 5,2% para o ferro, 19,5% para manganês e 21,6% de turbidez, como está apresentado na Figura 18.

Para esclarecimentos, a amostra onde foi identificada a ocorrência de chumbo e cromo foi realizada às 8:00 no dia 06/12/2015 e no laudo laboratorial não consta a informação se esta pertence à água bruta ou tratada. Haja vista o elevado valor de turbidez na mesma amostra (4.160 NTU), interpreta-se que se trata de uma amostragem de água bruta, porém esta informação deve ser verificada com o laboratório onde os parâmetros foram analisados e a contratante dos serviços.

Figura 18 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Belo Oriente.

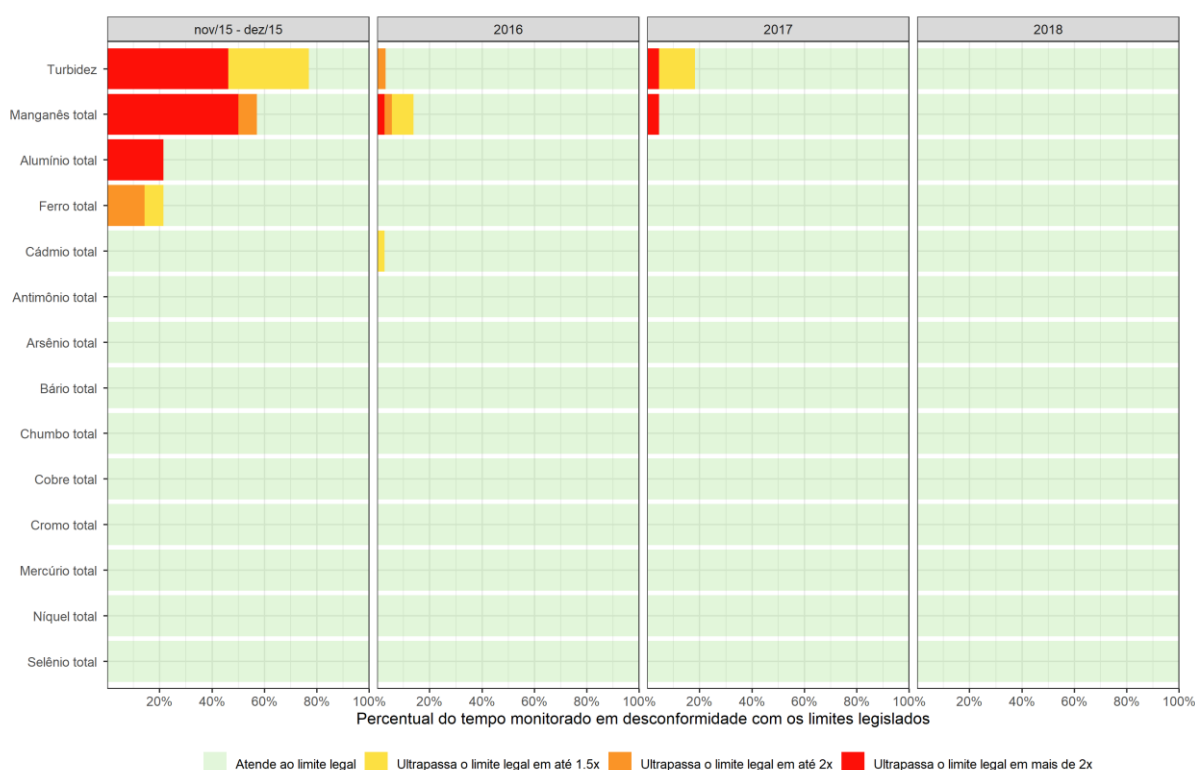


Conforme apresentado na Figura 19, entre novembro e dezembro de 2015, foram identificadas desconformidades de manganês em mais de 50% do tempo amostrado e de alumínio, ferro e selênio em pouco mais de 20% dos monitoramentos. Valores desconformes para a turbidez também foram observados em mais de 70% do tempo monitorado. Em 2016 e 2017, não foram observadas desconformidades para alumínio, ferro e selênio. Entretanto, valores acima da legislação para a turbidez e o manganês, apesar de reduzidos em comparação ao ano anterior, se mostraram presentes.

Uma amostragem em 2016 obteve resultado desconforme para o cádmio. Em 2018 não houve registros de não conformidades para nenhum EPT nesta ETA.

Por meio da Figura 19, é possível observar os efeitos do rompimento da barragem de Fundão na água tratada em Belo Oriente no ano de 2015, e a redução dos efeitos até 2018. Contudo, é importante considerar que após o desastre esta ETA ficou paralisada por aproximadamente 30 dias, haja vista a impossibilidade de tratar a água bruta do rio Doce, e, nesse período, a população recebeu água por caminhões-pipa.

Figura 19 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Cachoeira Escura



7.2 Pedra Corrida/MG

Foram realizadas amostragens de água tratada em Pedra Corrida entre 2015 e 2018 com até 48 medições por parâmetro (Figura 20). Os EPTs alumínio, chumbo e manganês e a turbidez apresentaram valores desconformes com a legislação para água potável, como está mostrado na Figura 20.

Por meio da Figura 21, é possível perceber que entre novembro e dezembro de 2015, em mais de 30% do tempo amostral, os resultados de turbidez, manganês e de chumbo ultrapassaram os limites legislados. Em 2016, ocorreram valores de alumínio acima do limite e nos anos de 2017 e 2018, foram verificadas não conformidades para a turbidez e o manganês. Para estes parâmetros observou-se uma

tendência de redução das desconformidades de 2015 até 2017, porém em 2018 o percentual de desacordos voltou a se elevar.

Os demais EPTs analisados para esta ETA apresentaram resultados em acordo com os limites da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde.

Figura 20 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Pedra Corrida.

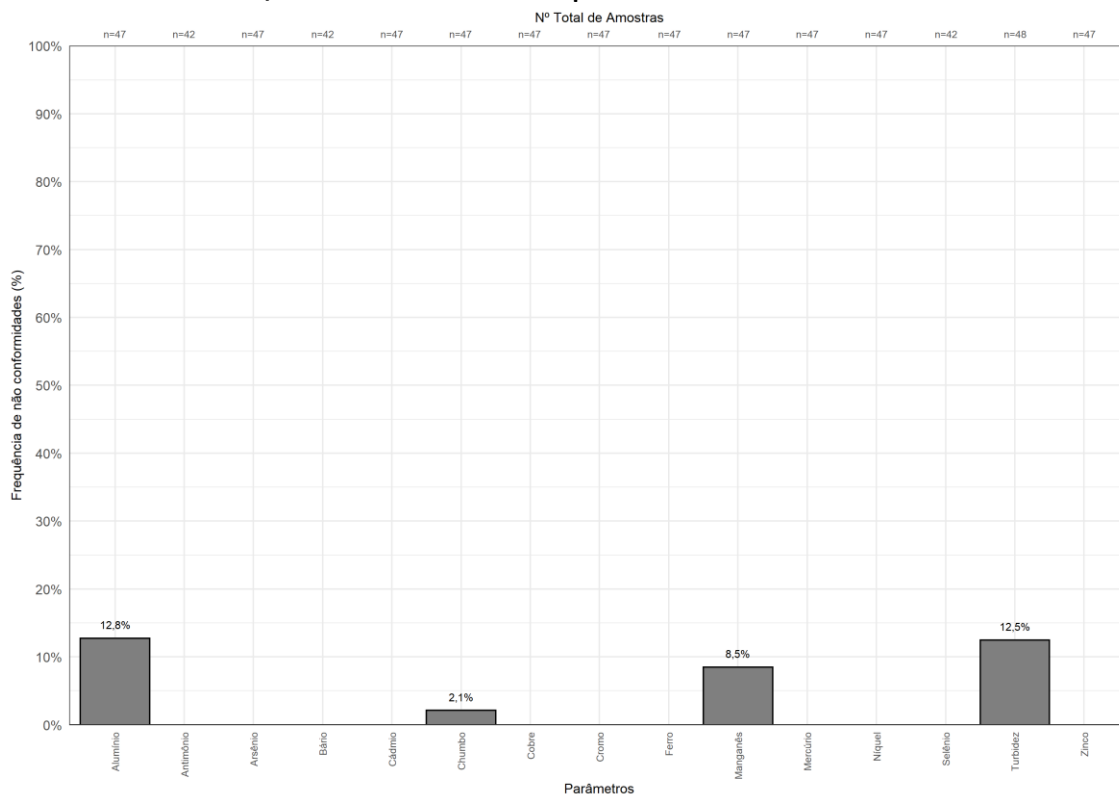
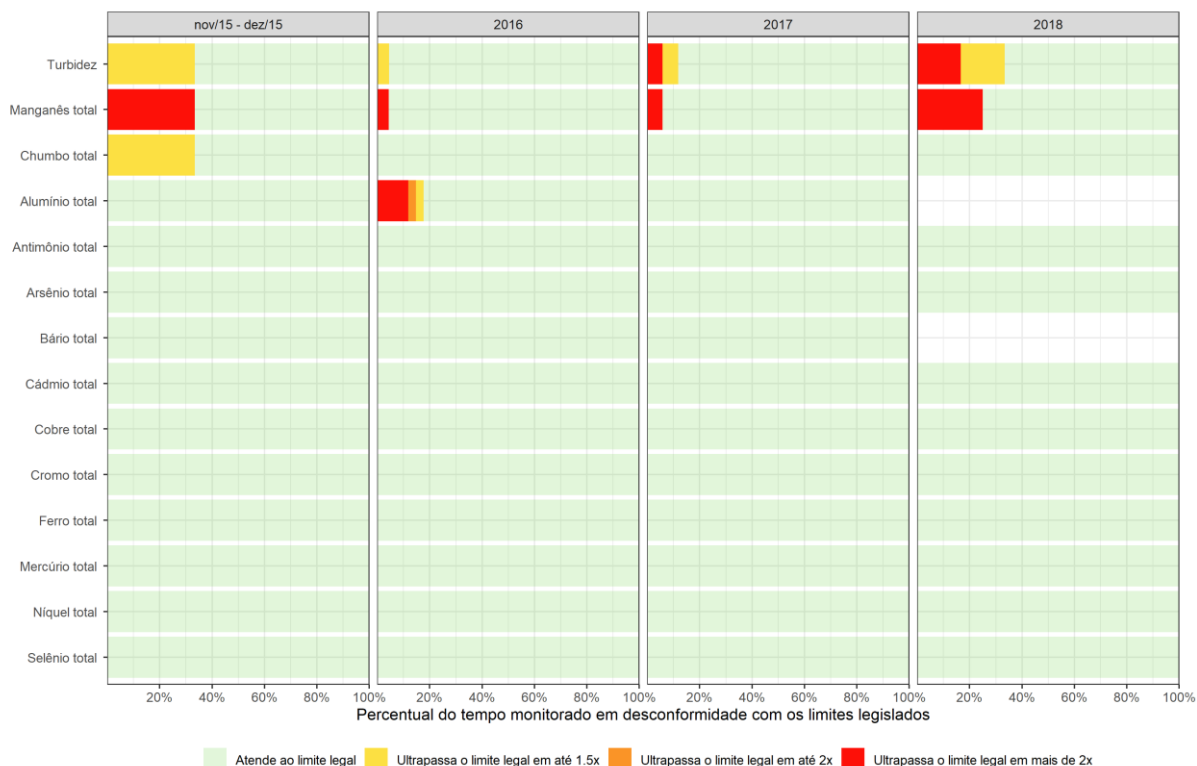


Figura 21 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Pedra Corrida

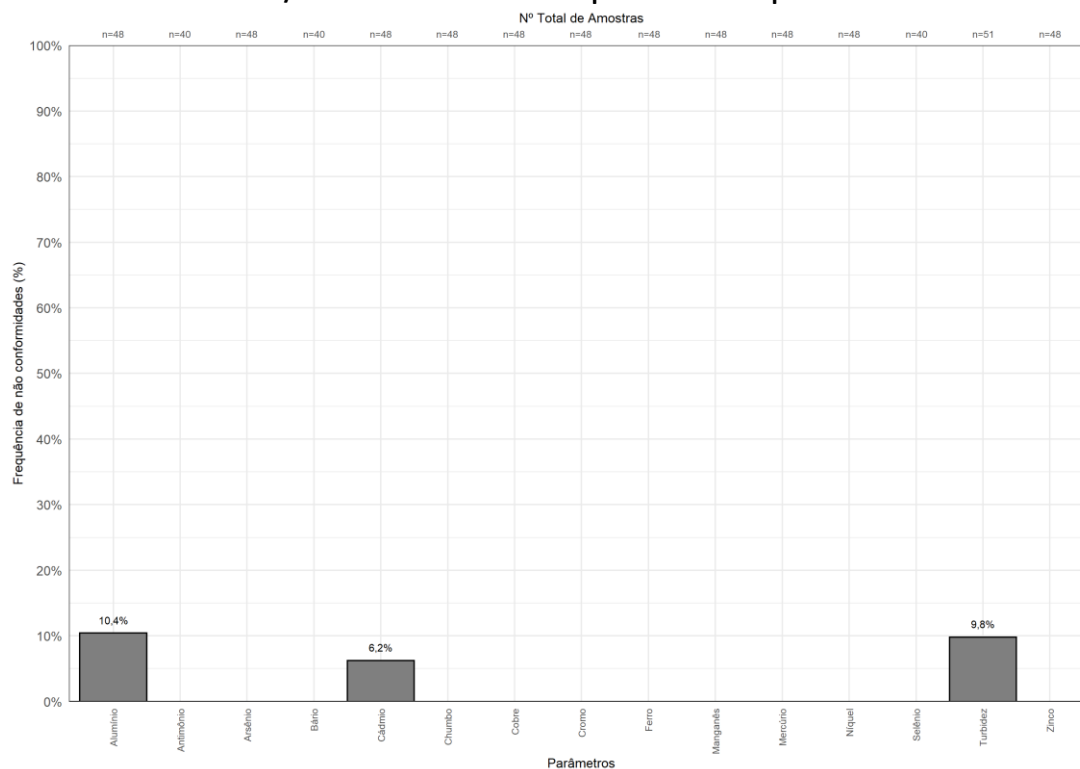


7.3 Alpercata/MG

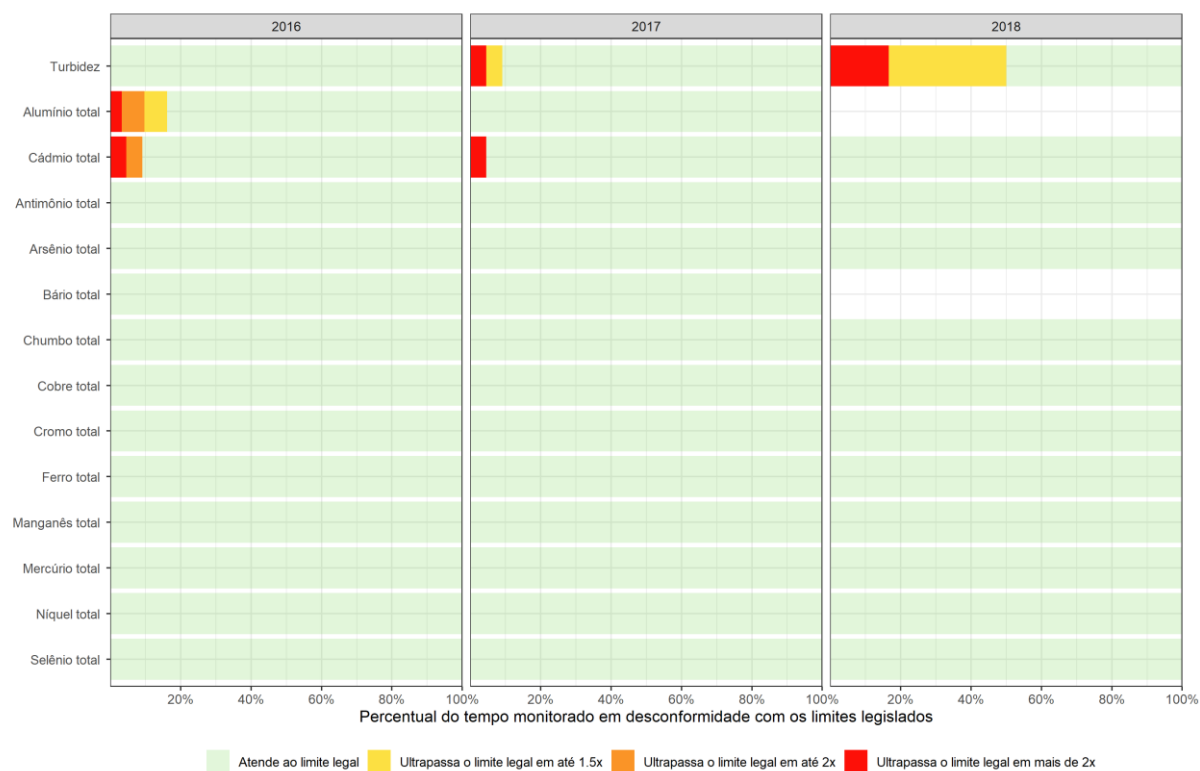
Neste município, entre 2016 e 2018, ocorreram até 51 coletas de amostras de água tratada. No referido período, foram identificadas 10,4% de desconformidades para o alumínio, 6,2% para o cádmio e 9,8% para a turbidez (Figura 22). Na Figura 23, estão apresentados os resultados de desconformidades por ano, porém estes refletem as irregularidades de amostragens. Dessa forma, em 2016, houve presença de alumínio em mais de 30% do tempo de medições e de cádmio em 20% do tempo analisado, acima da legislação. Em 2017, a presença de cádmio ocorreu uma vez, assim como foram observados valores desconformes de turbidez. Os percentuais de ocorrência para o cádmio corresponderam a 3 amostras acima da legislação entre dezembro de 2016 e janeiro de 2017.

Em 2018, foi registrado o maior valor de turbidez acima da legislação (7,3 UNT), ocorrendo desconformidades em 50% do tempo de amostragem (Figura 23), para um total de 6 amostras neste ano. Os demais EPTs analisados para esta ETA apresentaram resultados em acordo com os limites da legislação.

Figura 22 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Alpercata.



**Figura 23 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde
ETA Alpercata - MG**



7.4 Governador Valadares/MG

7.4.1 ETA Central

Na ETA Central de Governador Valadares foram realizadas 105 amostragens de água tratada para a turbidez, 110 para o ferro e 107 para cádmio, que foram os parâmetros que apresentaram desconformidades com a legislação entre novembro de 2015 e 2018 (Figura 24).

Como está apresentado na Figura 25, em 2015, valores desconformes foram observados para a turbidez em mais de 30% do tempo avaliado e para o ferro em mais de 10% dos monitoramentos. Em 2016, o percentual de desacordos para a turbidez diminuiu, assim como não foram registrados desacordos para o ferro. Porém, verificaram-se percentuais de não conformidades para o cádmio, correspondendo a três amostras. Em 2017 não foram verificadas desconformidades para nenhum parâmetro nesta ETA e, em 2018, observaram-se duas não conformidades para a turbidez.

Figura 24 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA Central de Governador Valadares.

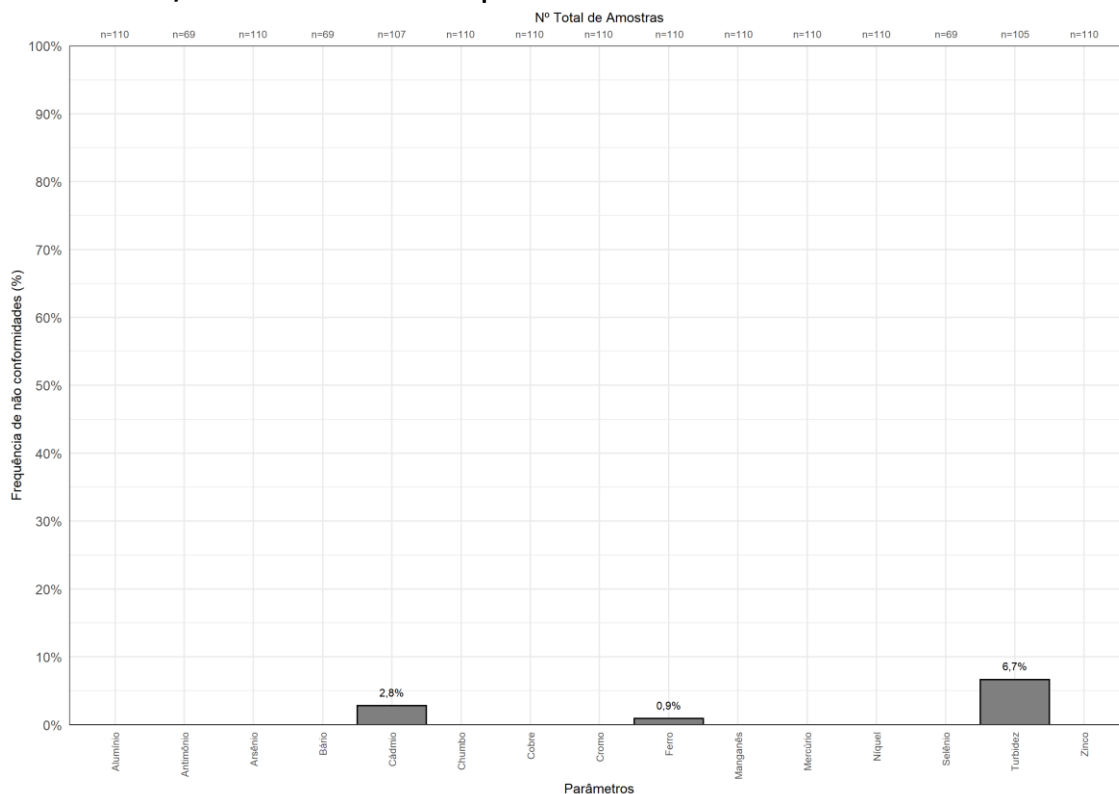


Figura 25 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Central - GV



7.4.2 ETA São Vitor

Em São Vitor, foram coletadas amostras de água tratada entre 2016 e 2018. De acordo com os laudos, houve desconformidades pontuais com a legislação em relação ao alumínio, cádmio e turbidez (Figura 26). Os desacordos para o alumínio e o cádmio ocorreram em 2016 e para a turbidez em 2018, quando ultrapassou em até 1,5 vezes o limite da legislação (Figura 27).

Figura 26 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA São Vitor de Governador Valadares.

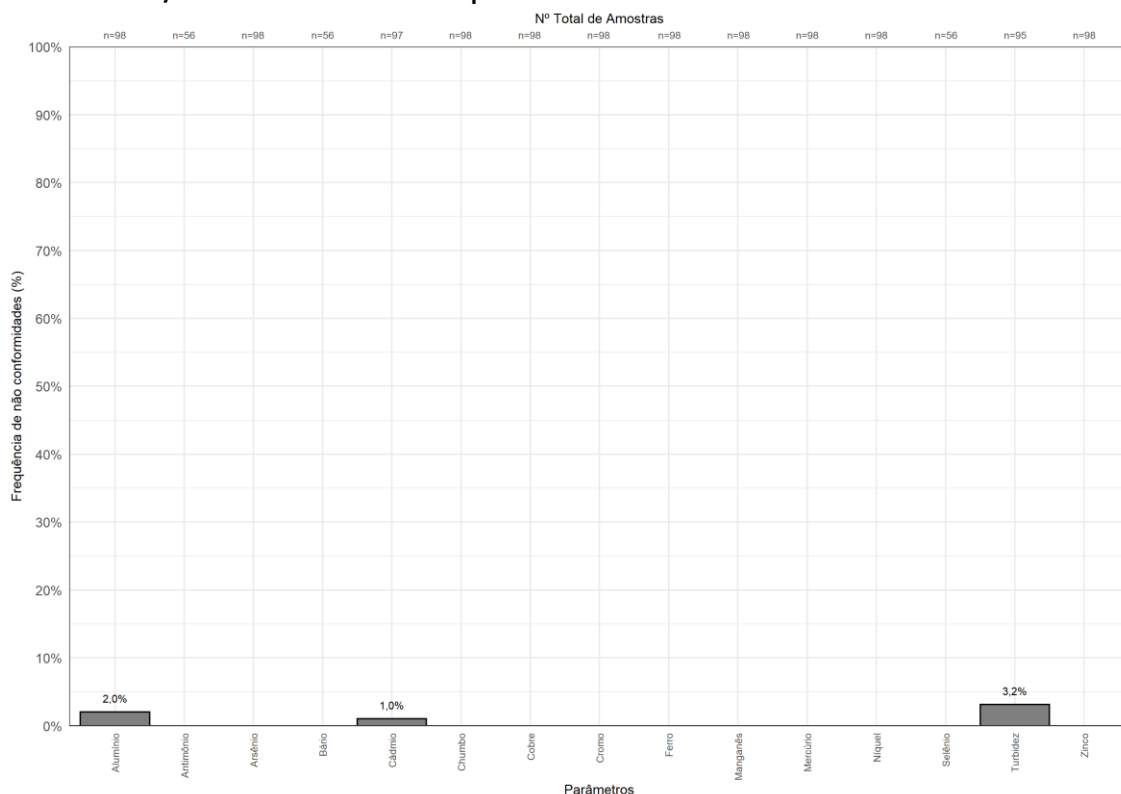
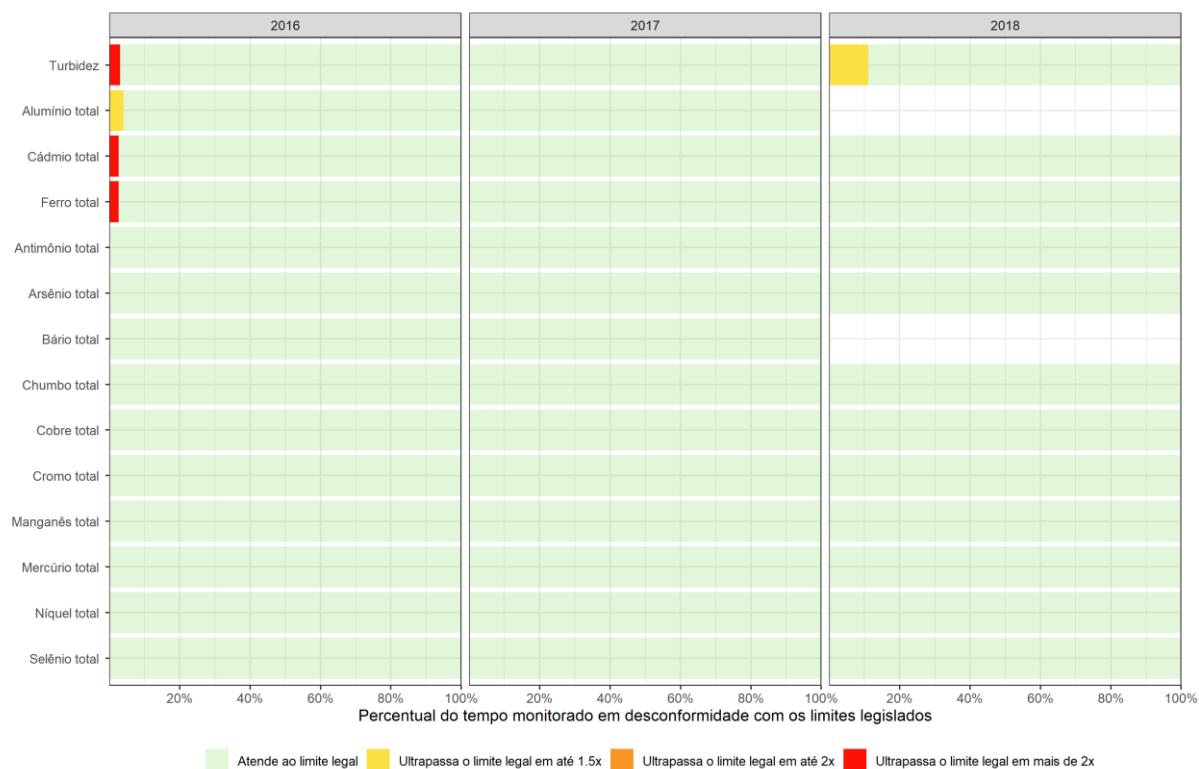


Figura 27 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Sao Vitor - GV



7.4.3 ETA Vila Isa

Na ETA de Vila Isa, assim como em São Vitor, registraram-se desconformidades com a legislação para alumínio, cádmio e turbidez entre novembro de 2015 e 2018 (Figura 28).

Em 2015, ocorreram valores de turbidez não conformes em mais de 60% do período monitorado. O percentual de desconformidade da turbidez diminuiu até 2018 em relação a 2015, porém ainda com a ocorrência de valores superiores à legislação. Para os EPTs desconformes, os desacordos ocorreram em 2016 em percentual do tempo inferior a 10% (Figura 29).

Figura 28 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA Vila Isa de Governador Valadares.

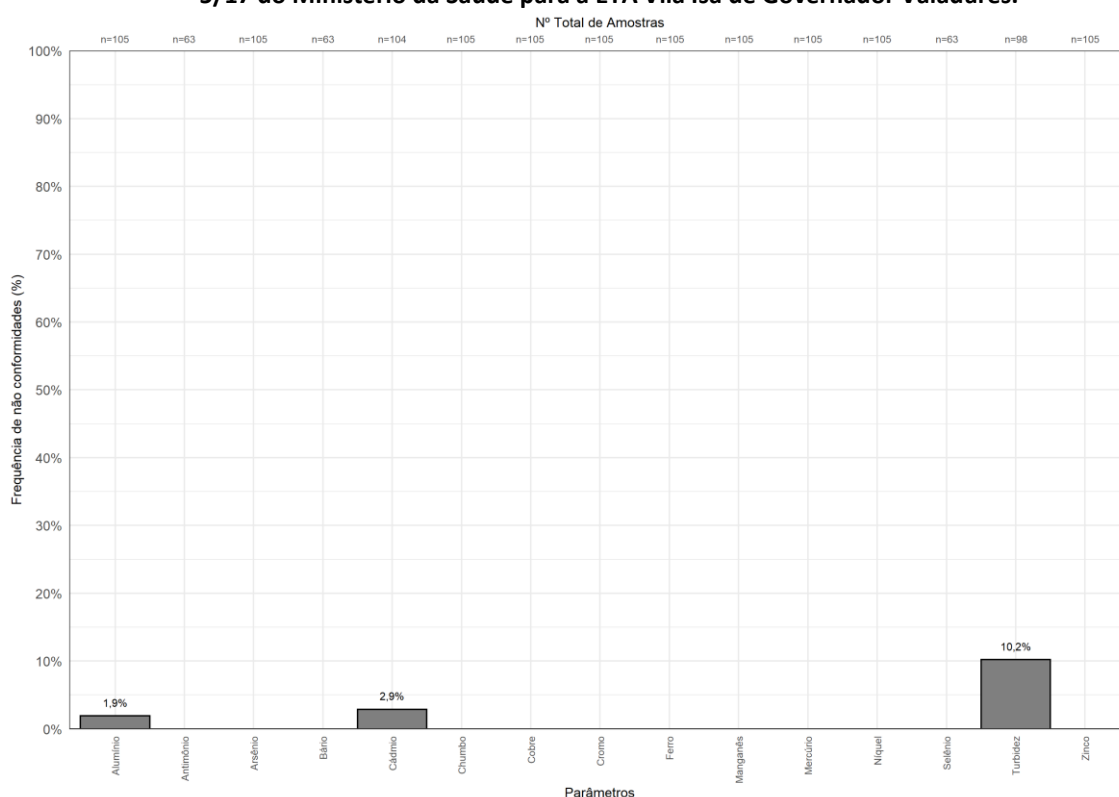
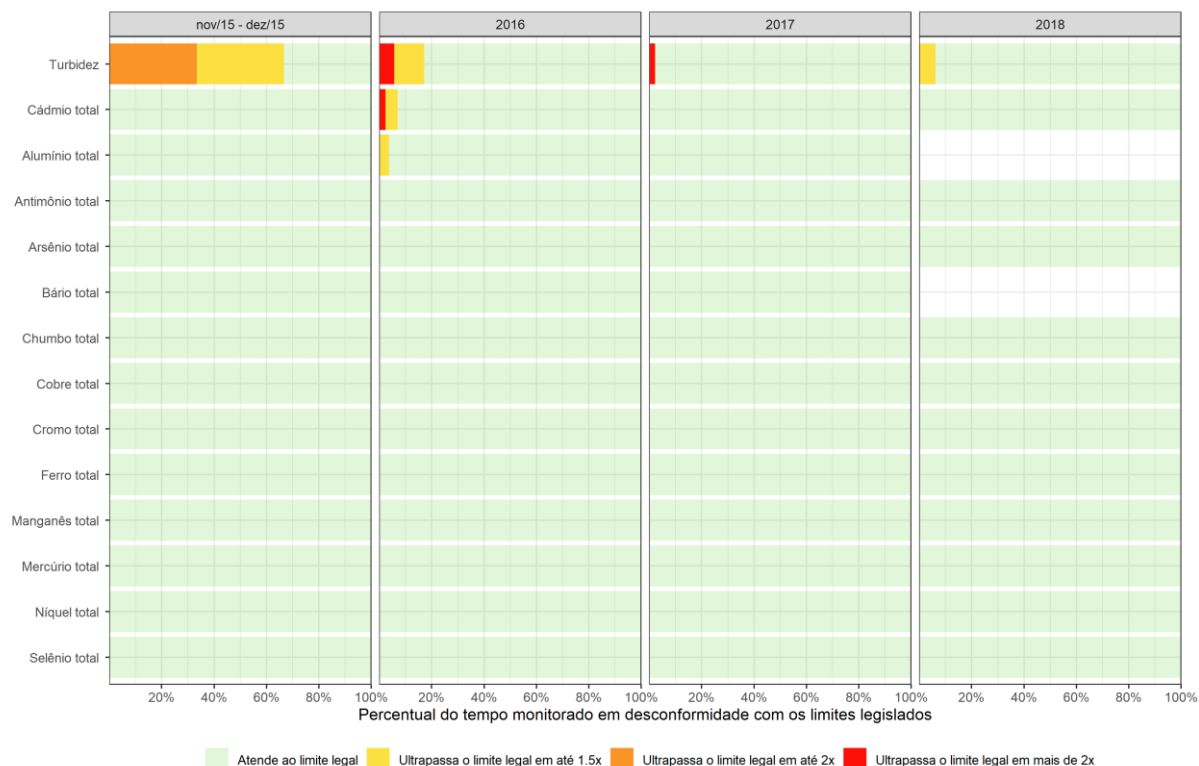


Figura 29 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Vila Isa - GV



7.4.4 ETA Recanto dos Sonhos

Na ETA Recanto dos Sonhos, foram verificadas desconformidades com a legislação para alumínio, cádmio, ferro, manganês e turbidez entre novembro de 2015 e 2018 (Figura 30).

Em 2015, ocorreram valores de turbidez não conformes em 50% do período de amostragens, o qual se manteve até 2017, porém com percentuais inferiores, ultrapassando a legislação em até 1,5 vezes (Figura 31). Desconformidades para alumínio e cádmio foram observadas em 2016 e para ferro e manganês em 2017, em menos de 10% do tempo amostral para todos estes EPTs. Dentre os EPTs avaliados, não foram verificadas desconformidades com a legislação em 2018 (Figura 31).

Figura 30 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA Recanto dos Sonhos de Governador Valadares.

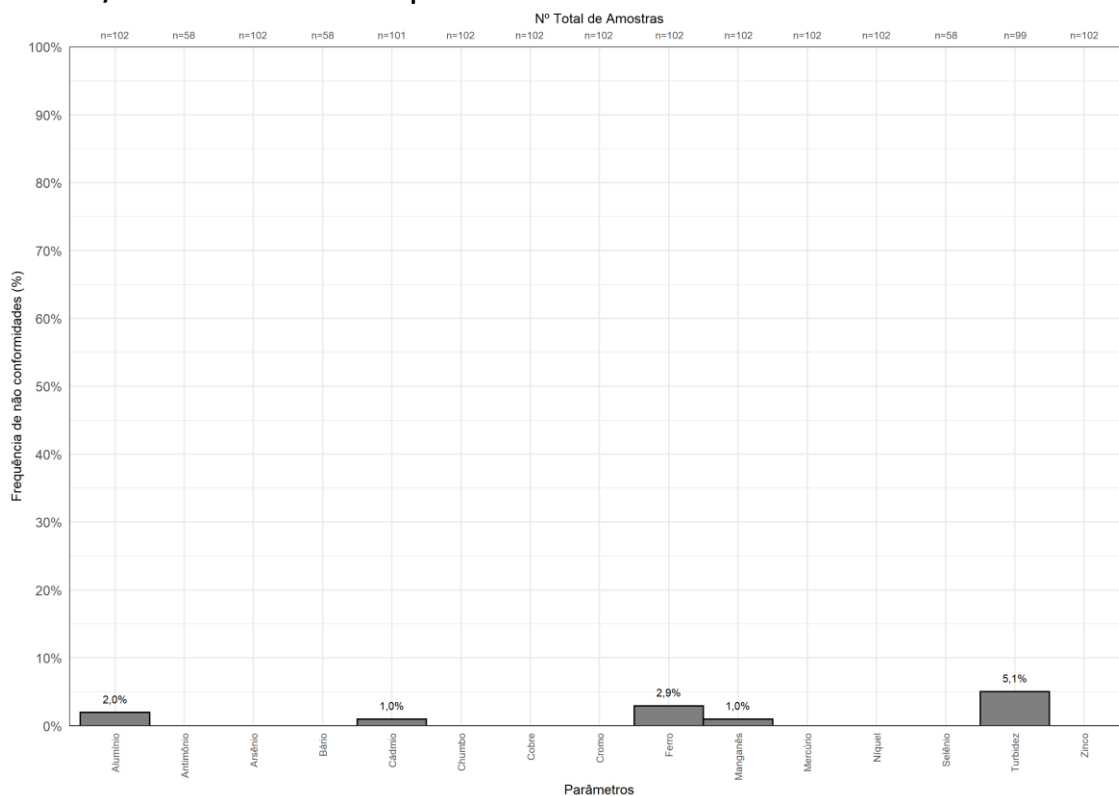
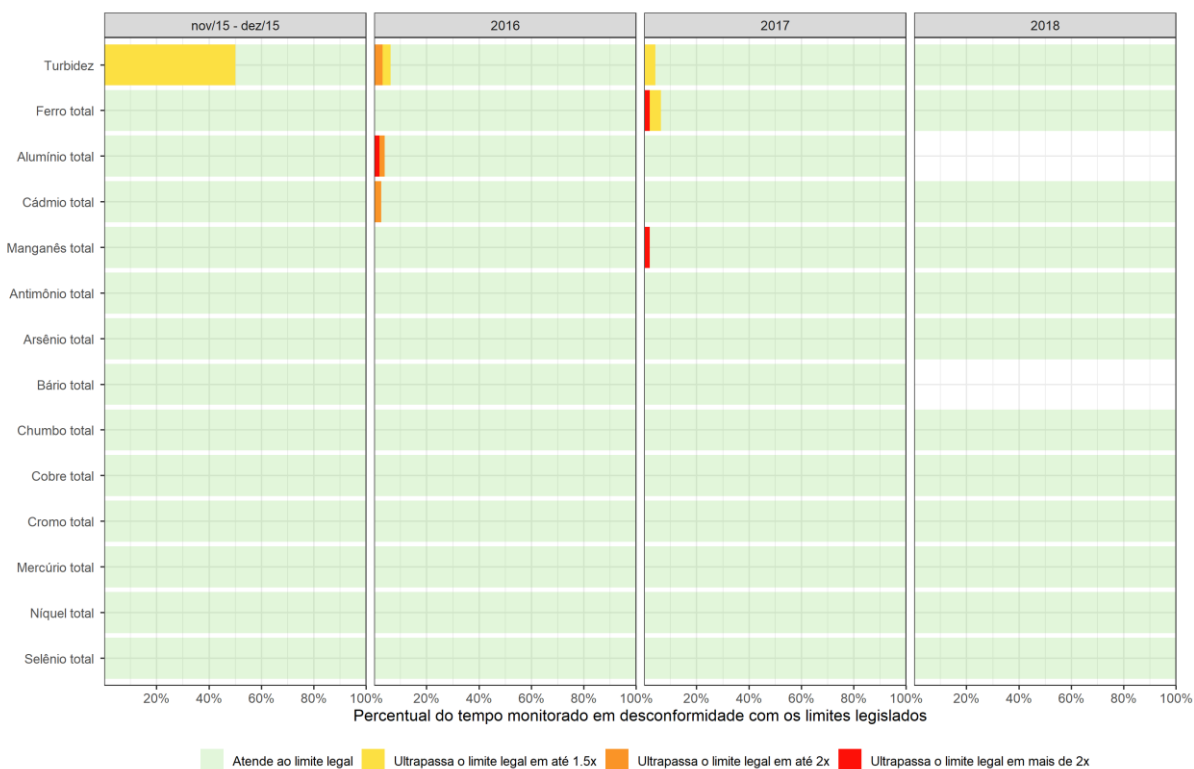


Figura 31 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Recanto dos Sonhos - GV



7.5 Galileia/MG

As amostragens da água tratada em Galileia variaram de 62 a 67 para cada parâmetro entre 2015 e 2018. As porcentagens de desconformidades desta ETA estão apresentadas na Figura 32 para a turbidez e os EPTs alumínio, cádmio, chumbo, ferro e manganês.

Como pode ser observado na Figura 33, no período entre novembro e dezembro de 2015, ocorreram desconformidades com maior frequência e os valores de EPTs superaram a legislação de potabilidade de água em mais de duas vezes. Foram observadas não conformidades para manganês em mais de 60% do tempo amostral e em mais de 20% do tempo para o cádmio e o chumbo. Em 2016, desconformidades para alumínio, cádmio e turbidez foram observadas e, no ano de 2017, para uma amostra de ferro e duas de manganês. Em 2018 não foram observadas desconformidades com a legislação para esta ETA.

É importante ressaltar que, com a presença da lama no rio, a captação e a ETA de Galileia ficaram paralisadas por 6 dias e o município foi abastecido por caminhões-pipa por dois meses, trazendo água tratada da ETA do município de Conselheiro Pena. Após esse período, o tratamento da água do rio Doce foi retomado com uso do coagulante Tanfloc e implantação de um filtro zeólita na ETA para remoção de ferro e manganês.

Figura 32 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Galileia.

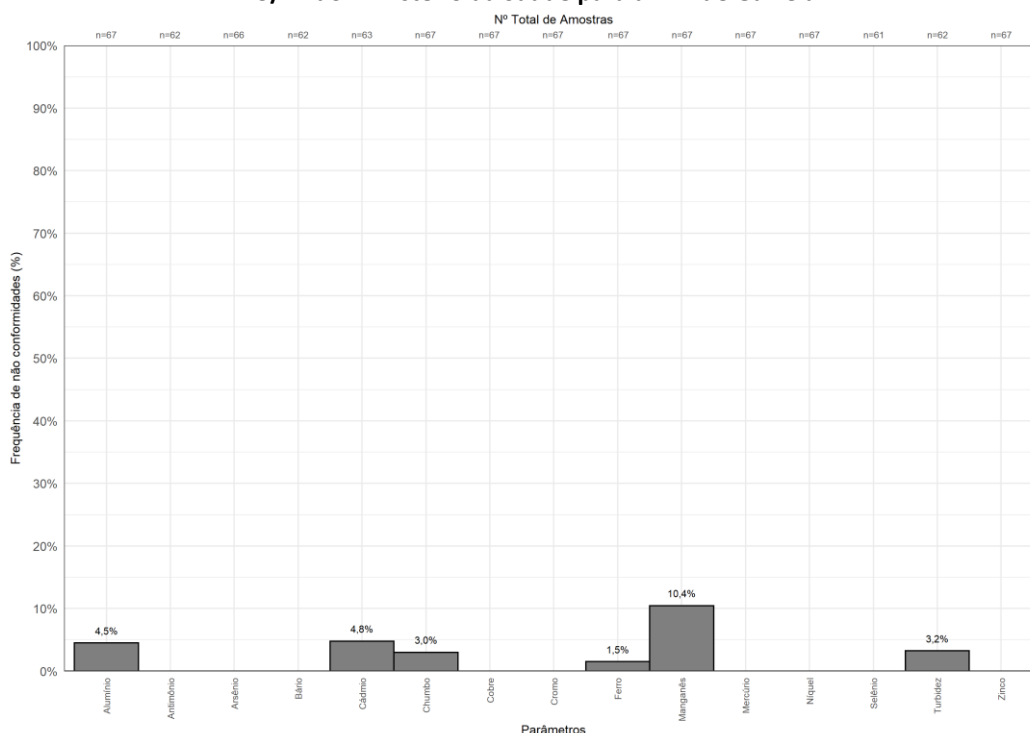


Figura 33 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Galileia



7.6 Tumiritinga/MG

Na ETA de Tumiritinga foram registrados entre 46 e 53 resultados por parâmetro analisado, tendo sido verificados percentuais de desconformidades para o alumínio, cádmio, ferro, manganês e para a turbidez, conforme Figura 34.

Em 2015 foi observada não conformidade para a turbidez em 100% do tempo monitorado. Este parâmetro se mostrou desconforme em 2016 e 2017, apesar de a frequência de ocorrência ter diminuído (menos de 20% do tempo amostral). Observando os resultados de turbidez até 2018, percebeu-se uma queda no percentual temporal de desconformidades, com valores atendendo a legislação naquele ano.

Foram registrados valores desconformes de alumínio em 2016 em pouco mais de 10% do tempo analisado e de ferro e manganês em 2017 em menos de 10% das avaliações.

Figura 34 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Tumiritinga.

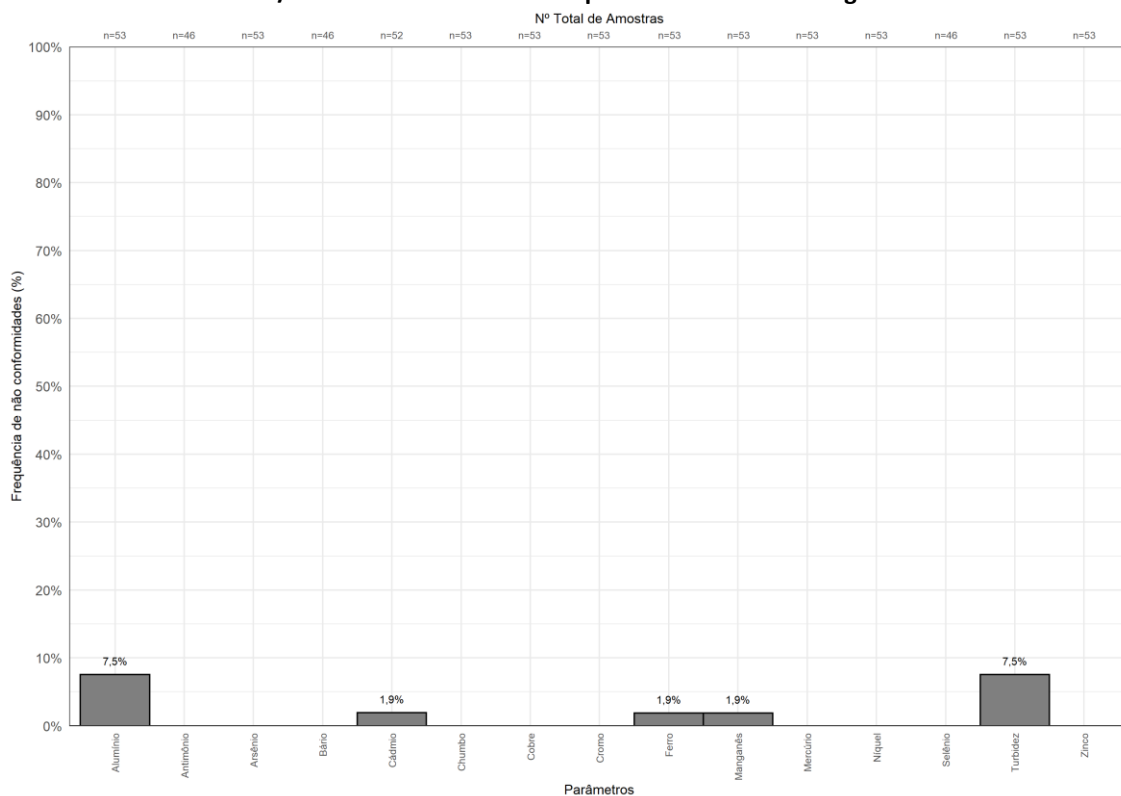
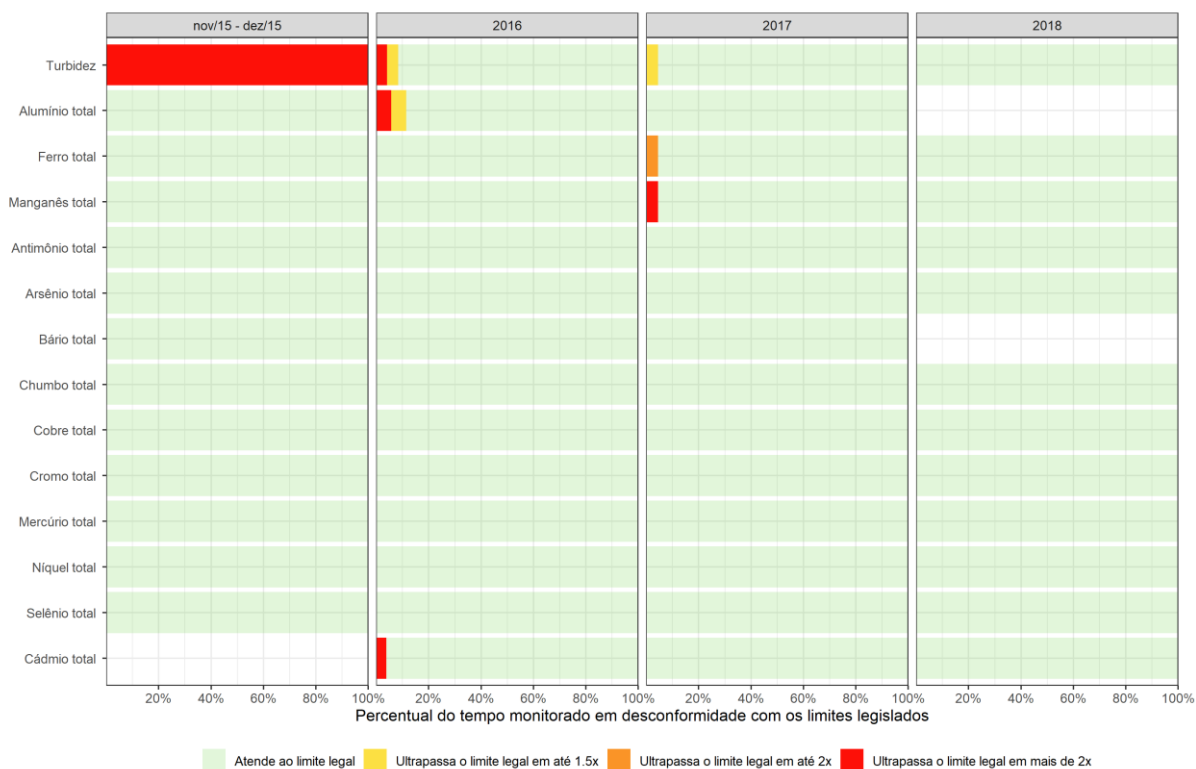


Figura 35 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde. ETA Tumiritinga



7.7 Itueta/MG

Na ETA de Itueta foram realizadas poucas amostragens de água tratada, com um total de 4 por EPT, nos anos de 2015 e 2016. Conforme pode ser observado na Figura 36, registraram-se não conformidades em 25% dos resultados de turbidez, com valores duas vezes acima ao limite da legislação em 2015 (Figura 37).

Os demais EPTs analisados para esta ETA apresentaram resultados em acordo com os limites da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde.

Figura 36 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA de Itueta.

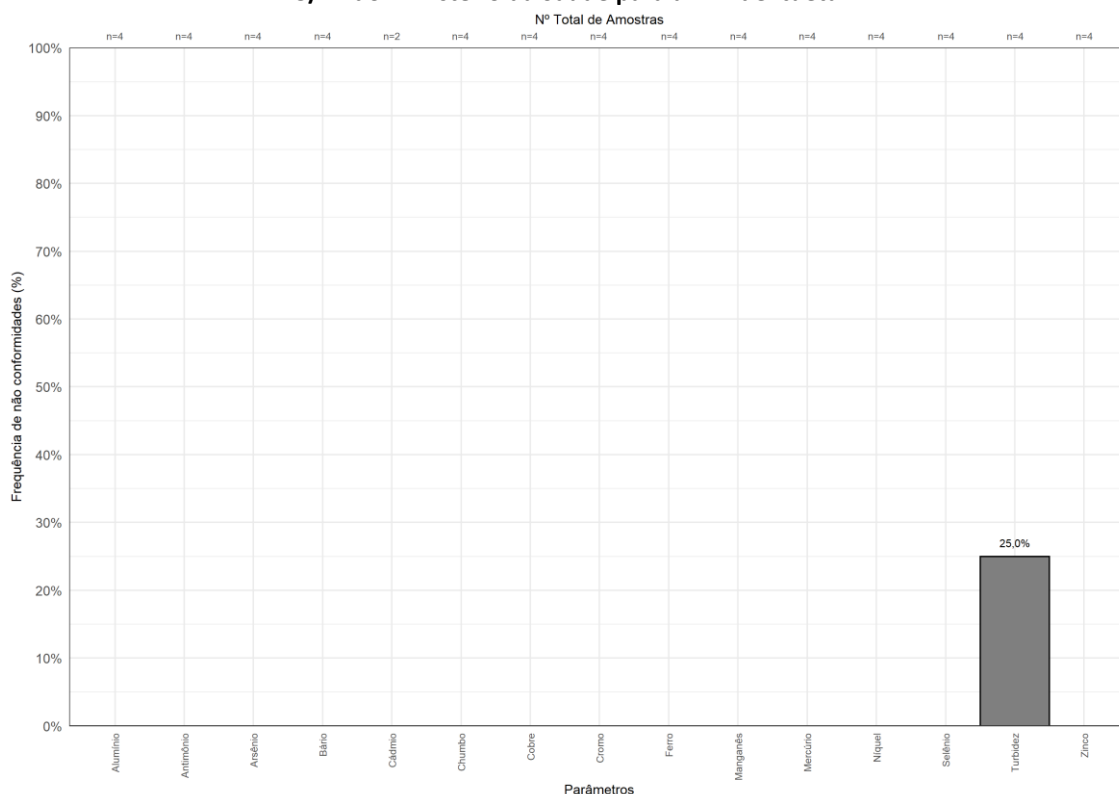
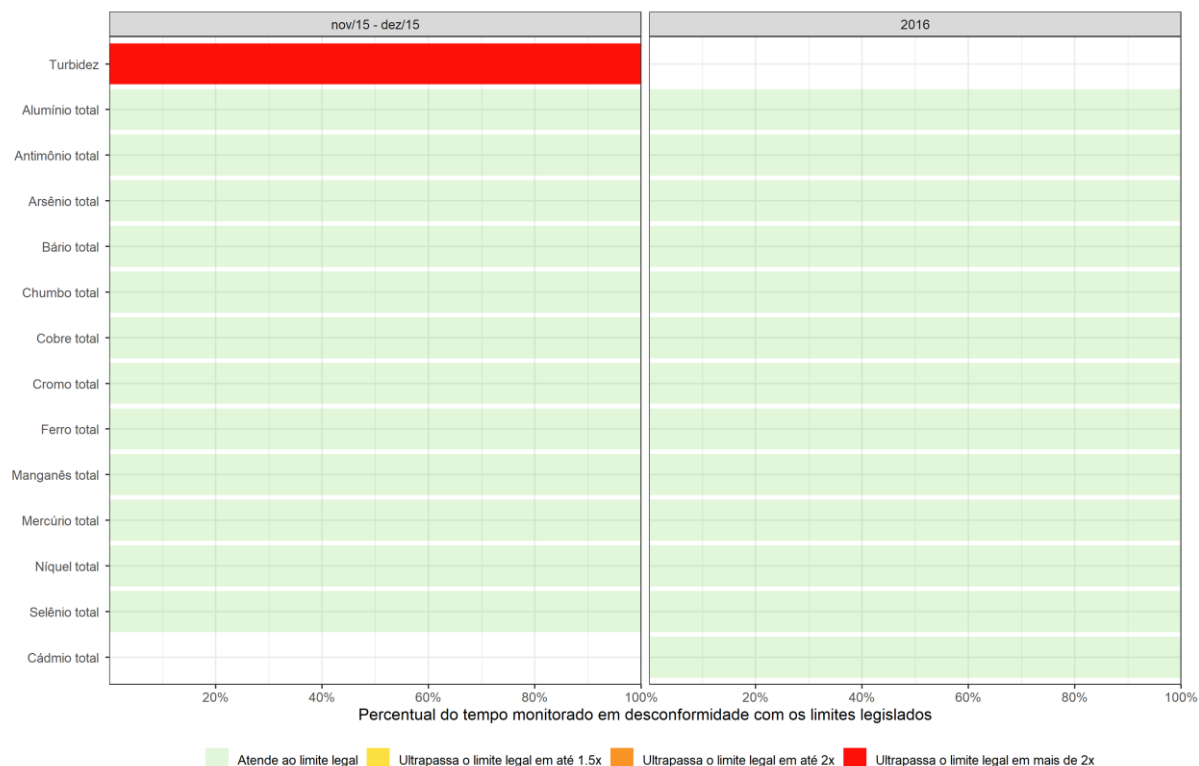


Figura 37 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Ituaeta



7.8 Aimorés/MG – distrito de Santo Antônio do Rio Doce

Para a ETA no distrito de Santo Antônio do Rio Doce (município de Aimorés), foram obtidos e avaliados dados dos EPTs de novembro/2015 até 2016. Foram registradas desconformidades para turbidez, alumínio e ferro. Nesse período, como está apresentado na Figura 38, houve um percentual de 25% de desconformidade para o alumínio e para o ferro, e de 75% para a turbidez, de um total de 4 medições por parâmetro. Na Figura 39, estes resultados são confirmados de forma que em 2015 todas as amostras de turbidez tiveram resultados maiores que o dobro de 1 UNT, estabelecido pela legislação. Para o alumínio, os valores foram superiores à Portaria em 1,5 vezes e para o ferro mais de duas vezes em mais de 30% do tempo das amostras analisadas. Em 2016 não se observaram desconformidades. Os outros EPTs analisados para esta ETA apresentaram resultados de acordo com os limites da legislação. Entretanto, ressalta-se que a quantidade de amostras de EPTs é baixa e o período de avaliação é curto para uma conclusão sobre a qualidade da água deste local.

Figura 38 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº5/17 do Ministério da Saúde para a ETA do distrito de Santo Antônio do Rio Doce, no município de Aimorés.

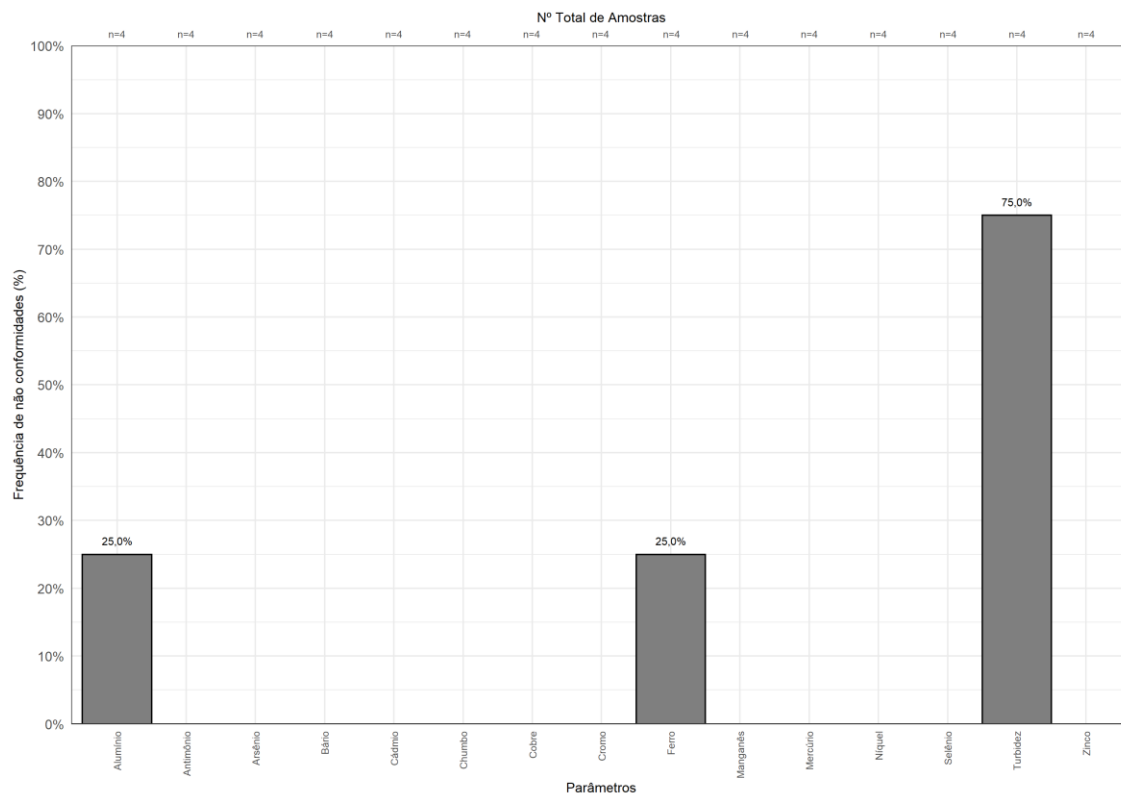
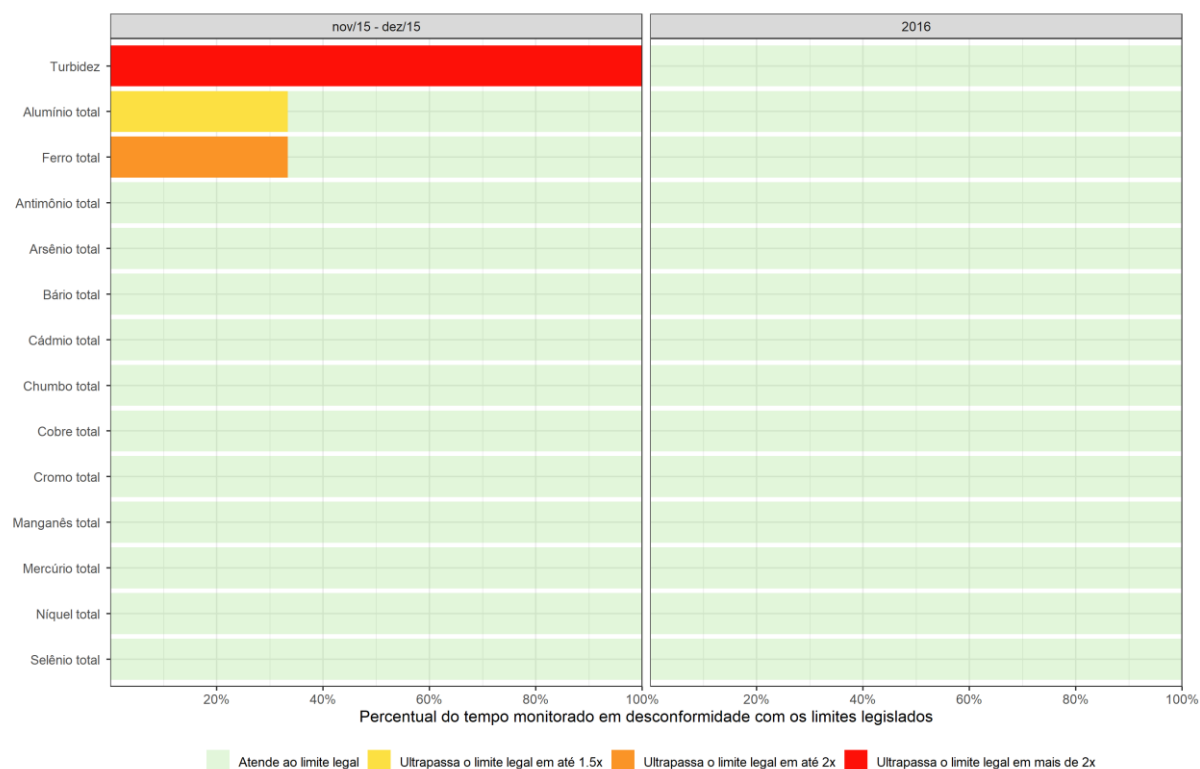


Figura 39 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA Aimores - Maua



7.9 IFES de Itapina/ES

Na ETA do IFES de Itapina foram realizadas mais de 239 amostragens para cada parâmetro avaliado e foram verificados percentuais de desconformidades para o alumínio, cádmio, manganês e para a turbidez, no período de novembro de 2015 a 2018, conforme a Figura 40.

Dentre os parâmetros avaliados, entre novembro e dezembro de 2015 foi observada desconformidade apenas para a turbidez em mais de 50% do tempo monitorado (Figura 41). Este padrão se manteve com redução inferior a 20% do tempo amostral até 2017. Em 2018 não foram verificados valores desconformes de turbidez para esta ETA.

A partir de 2016, foram observados valores de não conformidades para o manganês, alumínio, cádmio e ferro, sendo todos inferiores a 10% do tempo monitorado neste ano. Valores pontuais de ferro permaneceram até 2017 e 27 não conformidades foram verificadas de manganês em 2017, correspondendo a mais de 20% do tempo monitorado. Estes percentuais diminuíram em 2018.

Percebe-se que nesta ETA houve redução dos valores de turbidez até 2018 e variações no registro de não conformidade para os demais EPTs avaliados, sugerindo-se a continuidade do monitoramento da água tratada neste local.

Figura 40 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA do IFES de Itapina.

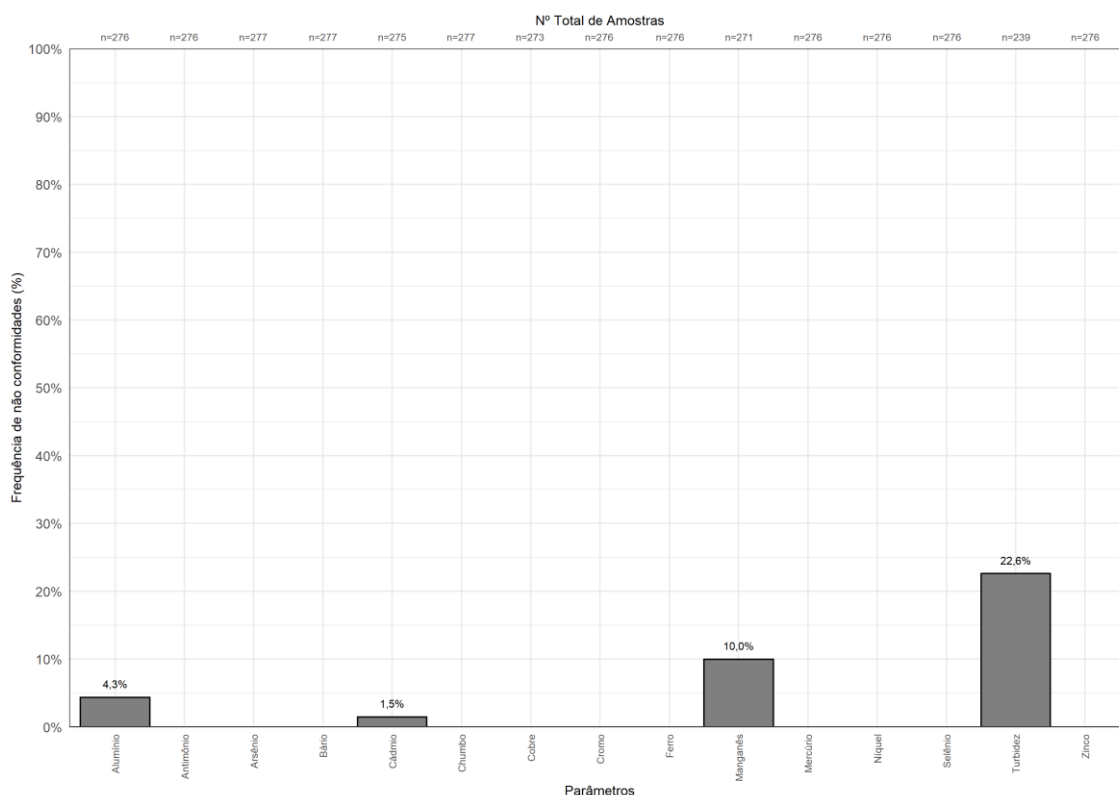
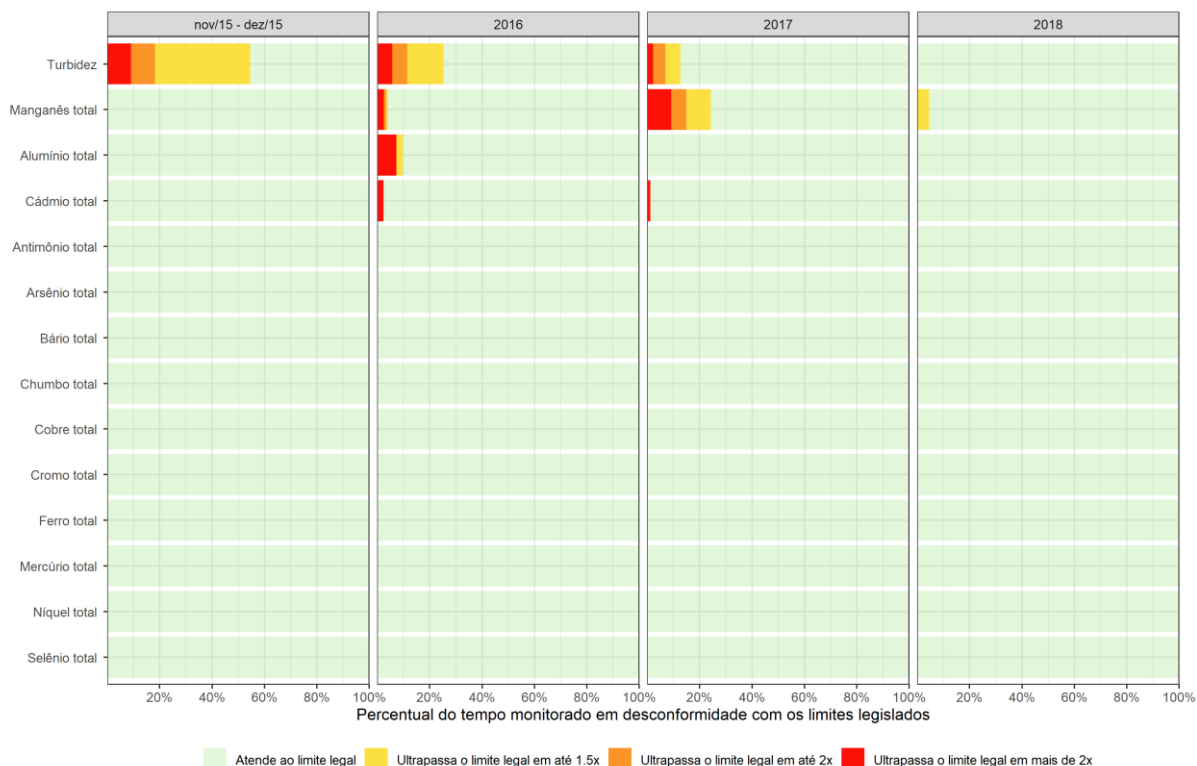


Figura 41 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA IFES de Itapina



7.10 Colatina/ES

7.10.1 ETA I

Nesta ETA os resultados de não conformidades mais significativos foram de turbidez com 30% do total de 280 amostras acima do valor legislado para água potável (1 UNT). Os EPTs alumínio e manganês também apresentaram percentuais desconformes, porém singulares (Figura 42).

Assim, por meio da Figura 43, é possível perceber que valores de turbidez acima da legislação ocorriam em mais de 60% do tempo amostral em 2015, reduzindo para menos de 10% em 2018.

Figura 42 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA I de Colatina.

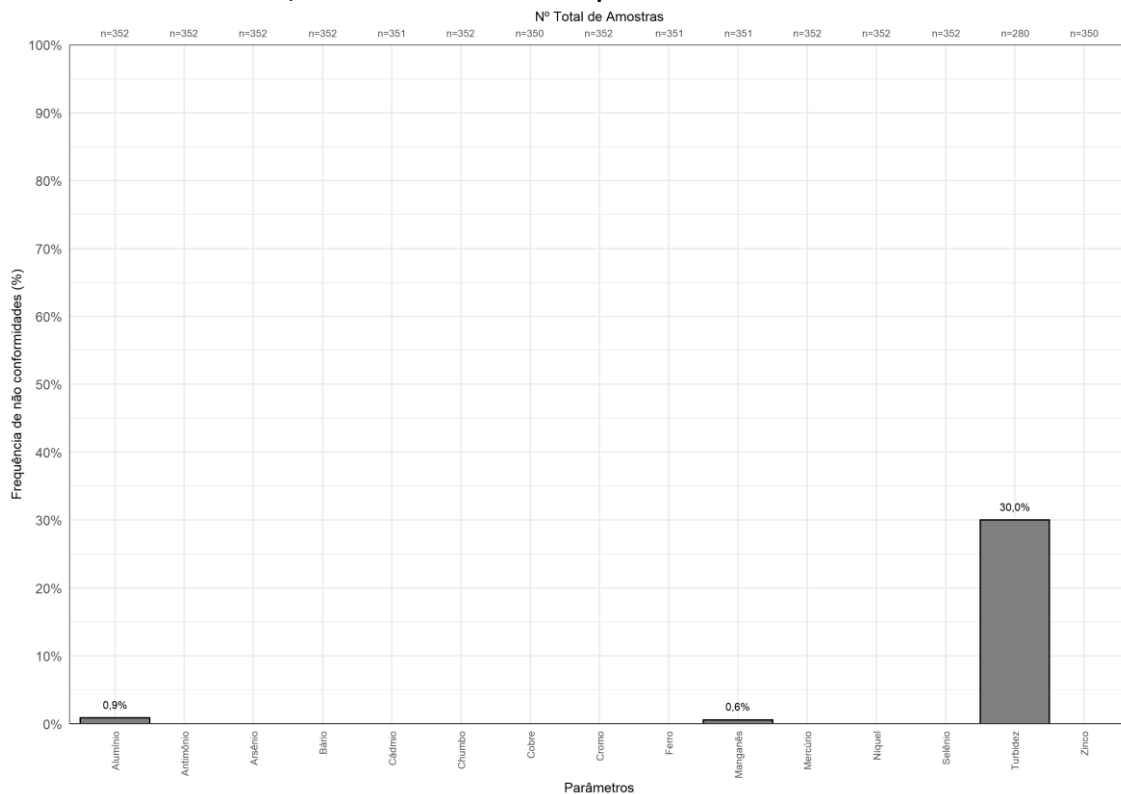
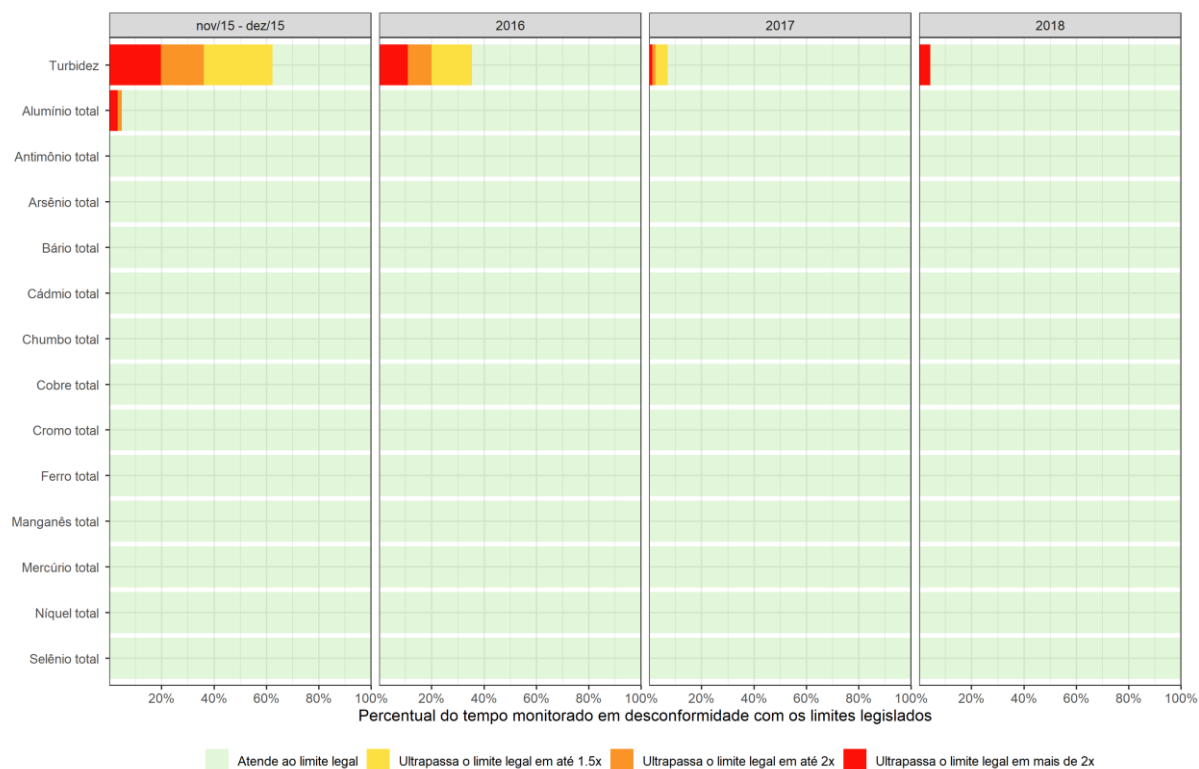


Figura 43 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA I - Colatina



7.10.2 ETA II

Na ETA II de Colatina os parâmetros com resultados não conformes mais significativos foram a turbidez com 22,8% do total de 265 amostras e manganês com 3,8% de desconformidades. Os EPTs alumínio, cádmio e ferro também apresentaram percentuais desconformes com a legislação, porém pontuais (Figura 44).

Por meio da Figura 45, é possível perceber que valores de turbidez acima da legislação ocorriam em mais de 40% do tempo amostral em 2015, sendo que em 2017 reduziu para 10%. Observa-se a redução da turbidez na água tratada, conforme ocorreu na água bruta no rio Doce.

Em 2015, também se verificaram desconformidades para o cádmio em mais de 10% do tempo amostral, superando o dobro do valor legislado, e para manganês, alumínio e ferro em menos de 10% das amostragens. Em 2018 não ocorreram desconformidades para estes EPTs.

Figura 44 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA II de Colatina.

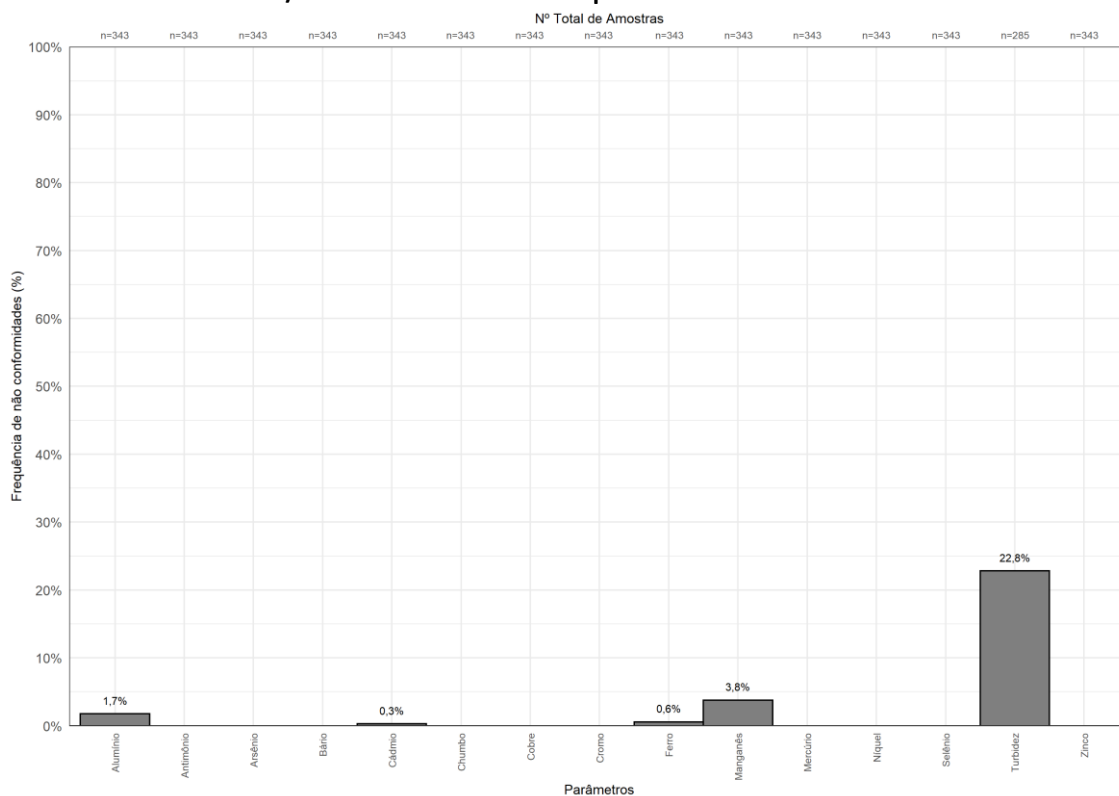
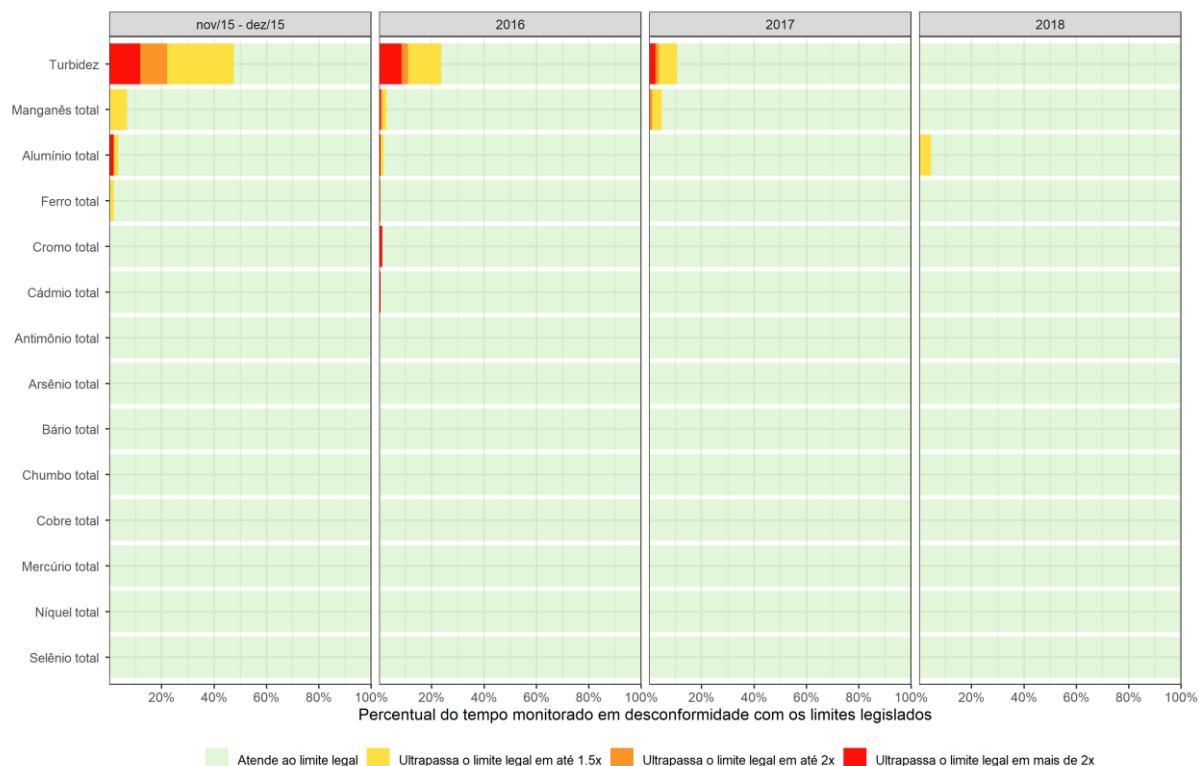


Figura 45 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde.
ETA II - Colatina



7.10.3 ETA IV

Na ETA IV de Colatina foram realizadas entre 216 e 244 amostragens dependendo do parâmetro analisado. Foram verificados percentuais de desconformidades para alumínio, cádmio, ferro, manganês e para turbidez entre 2015 e 2018, conforme Figura 46.

Valores superiores à Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde para a turbidez e o manganês se mantiveram presentes desde o desastre em 2015 até 2018, superando a legislação em até duas vezes para o manganês e acima disso para a turbidez, no último ano de medição (Figura 47). Valores desconformes para ferro e alumínio se mantiveram presentes até 2016, mas com percentuais de desacordo inferiores a 10%.

Figura 46 - Frequência de desconformidades dos EPTs avaliados de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde para a ETA IV de Colatina.

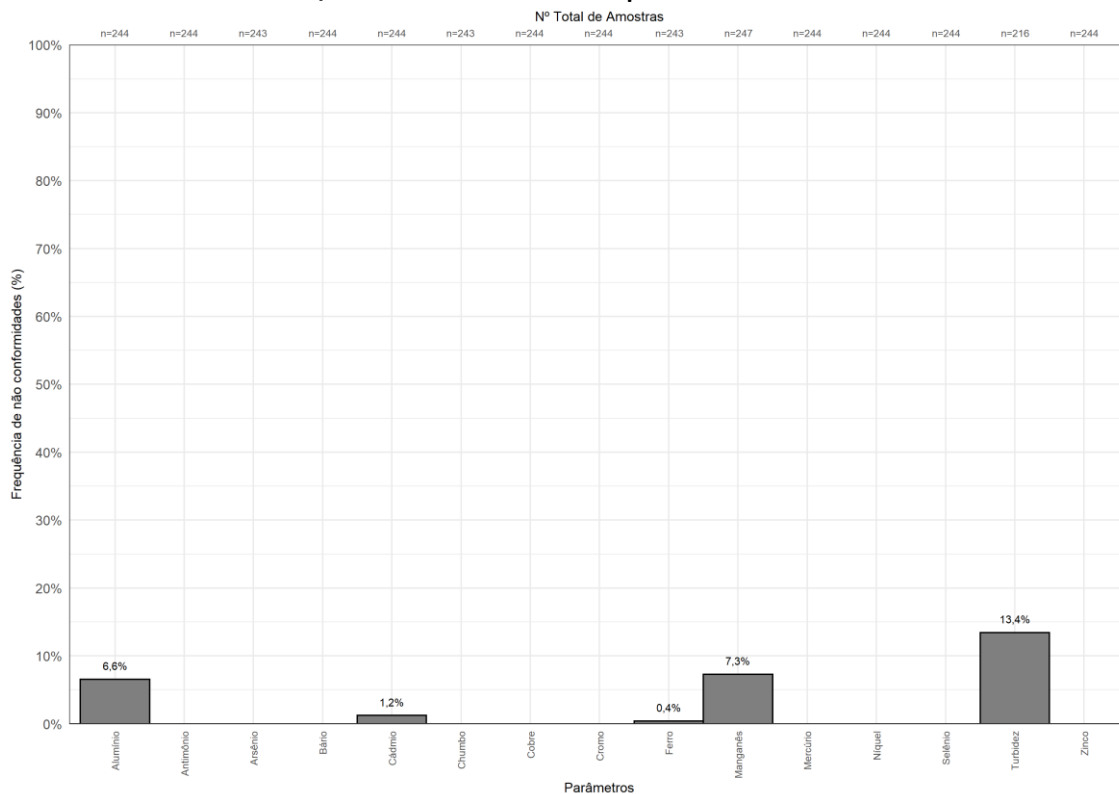
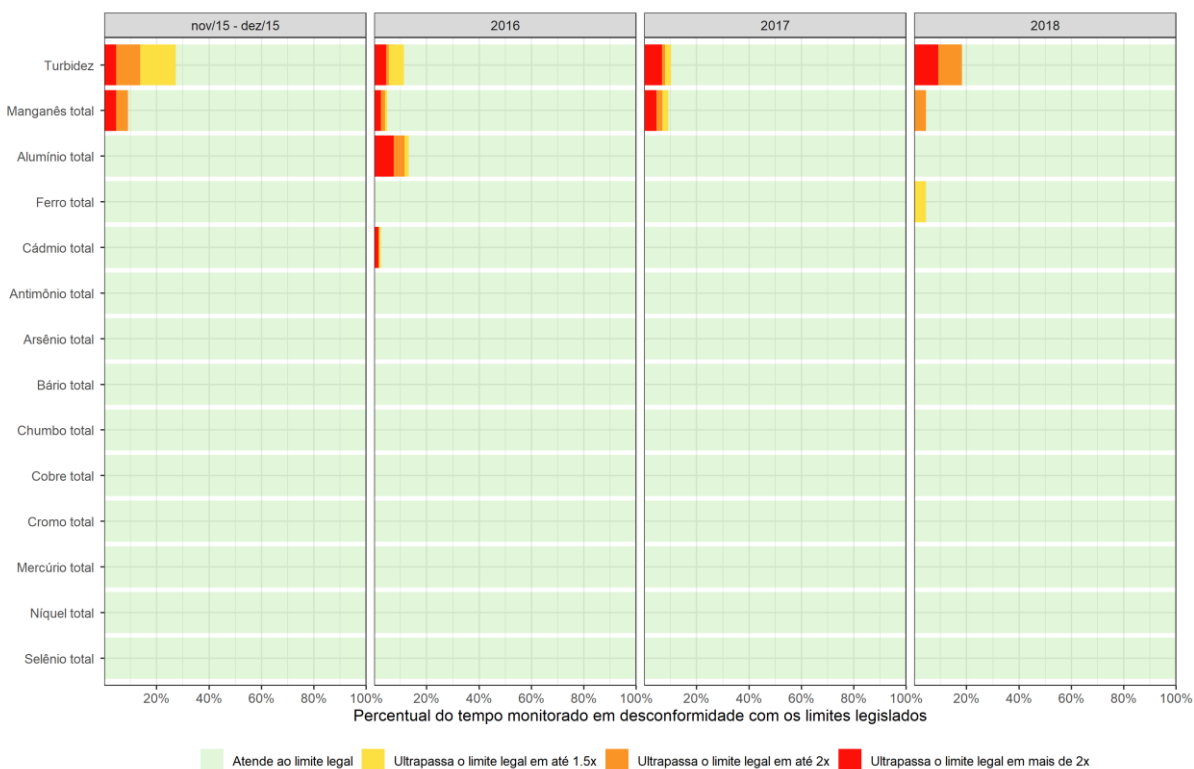


Figura 47 - Percentual do tempo monitorado em desconformidade com os limites da Portaria de Consolidação nº 5/17 do Ministério da Saúde. ETA IV - Colatina



8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AMARO, C. A., PORTO, M. F. do A. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande – MS, Brasil, 2009.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – SNIRH no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2009. 145 pg. Disponível em <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7504/implementacao-enquadramento-ag-superf-ana-2009.pdf>. Acesso em 19 jul. 2019.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 fev. 1997.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 fev. 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jan. 2001.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 mai. 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 4 mar. 2019.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, Technical Report. In: **Canadian environmental quality guidelines**, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, 2001.
- CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades e planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce**: Volume I - Relatório final. Consórcio Ecoplan-Lume, 2010a.
- CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades e planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce**: Volume II - Relatório final. Consórcio Ecoplan-Lume, 2010b.
- CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce e planos de ações para as unidades e planejamento e gestão de recursos hídricos no âmbito da bacia do rio Doce**: Volume III - Relatório final. Consórcio Ecoplan-Lume, 2010c.
- DARISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo, SP: Editora Signus, 2000.
- FERREIRA, R. M.; BARROS, N. O.; DUQUE-ESTRADA, C. H.; ROLAND, F. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. Lições de Limnologia. São Carlos, SP: Editora RiMa, 2005.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2006.
- HELMER, R.; HESPAHOL, I. **Water pollution control: a guide to use of water quality management principles**. London: Thomson professional; 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Laudo Técnico Preliminar dos impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. 2015. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf. Acesso em: 11 de janeiro de 2016.

- JUNCÁ, F. A.; PAVAN, D.; JESUS, T.B.; ETEROVICK, P. Girinos como bioindicadores da qualidade da água do rio Doce. Relatório Final Greenpeace, junho, 2017. 33p.
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008. **Diário Oficial do Executivo**, Belo Horizonte, MG, 20 maio 2008.
- SARTORI, É.; COSTA, L. H. V.; SOUZA, D. L.; RANGEL, T. P.; ALMEIDA, D. Q. R.; REZENDE, C. E.; VERGILIO, C. S. Comparação entre matrizes ambientais (água e sedimento) como fonte de contaminação por metais para peixes. In: XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência, Universidade do Vale do Paraíba, Anais..., São José dos Campos, Brasil, p. 1-6, 2017.
- SEGURA, F. R.; NUNES, E. A.; PANIZ, F. P.; PAULELLI, A. C. C.; RODRIGUES, G. B.; BRAGA, G. U. L.; PEDREIRA FILHO, W. R.; BARBOSA JR, F.; CERCHIARO, G.; SILVA, F. F.; BATISTA, B. L. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). *Environmental Pollution*, v. 218, p. 813 – 825, 2016.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília: Ministério das Cidades, 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=140>>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, MG: Editora UFPR, 2005.
- TSUTSIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Escola Politécnica da Usp, 2006.
- VARGAS, I. B.; MAINARDI, V. F.; AGUIAR, L. L.; SOUZA, D. L.; PIEDADE, A. E.; RANGEL, T. P.; ALMEIDA, D. Q. R.; MENDONÇA, P. P.; REZENDE, C. E.; DAVID, J. A. O.; VERGILIO, C. S. Potencial mutagênico e genotóxico de peixes expostos ao sedimento do rio doce após o rompimento da barragem. *Revista UNIVAP – Universidade do Vale do Paraíba*, online, Edição Especial - ISSN 2237- 1753 - XX Encontro de Iniciação Científica, XVI Encontro de Pós-Graduação, X INIC Jr e VI INID da Universidade do Vale do Paraíba, v. 22, n. 40, p. 1-5, 2016.