

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E VALORAÇÃO DOS
DANOS SOCIOECONÔMICOS CAUSADOS PARA
AS COMUNIDADES ATINGIDAS PELO ROMPIMENTO
DA BARRAGEM DE FUNDÃO**

**Avaliação de Impactos do Rompimento
da Barragem de Fundão na Saúde
da População Atingida a partir da
Pesquisa Domiciliar Participativa**



NOVEMBRO DE 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/FGV

Fundação Getulio Vargas

Avaliação de Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão na Saúde da População Atingida a partir da Pesquisa Domiciliar Participativa / Fundação Getulio Vargas. – Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2022.

76 p.

Em colaboração com: Ana Paula Fonseca de Oliveira, Claudio José Struchiner, Eduardo Massad, Luiz Max Fagundes de Carvalho, Rita Daniela Fernandez Medina, Walter Cintra Ferreira Junior.

Acima do título: Projeto Rio Doce – Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Inclui bibliografia.

1. Projeto Rio Doce. 2. Fundão, Barragem de (MG). 3. Barragens e açudes – Aspectos sociais. 4. Saúde pública – Brasil. 5. Famílias – Pesquisa – Saúde. 6. Habitação e saúde. I. Título.

CDD – 627.8

EQUIPE TÉCNICA

Ana Paula Fonseca de Oliveira

Claudio José Struchiner

Eduardo Massad

Luiz Max Fagundes de Carvalho

Rita Daniela Fernandez Medina

Walter Cintra Ferreira Junior

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Definição dos estratos e regiões na amostra	23
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Câncer – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	33
Gráfico 2 – Câncer – Série histórica de casos para atingidos e de comparação	35
Gráfico 3 – Renais – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	38
Gráfico 4 – Renais – Série histórica de casos para atingidos e de comparação	39
Gráfico 5 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem, para as doenças gastrointestinais	41
Gráfico 6 – Gastro – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	43
Gráfico 7 – Respiratório – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	46
Gráfico 8 – Respiratório – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	47
Gráfico 9 – Pele – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	50
Gráfico 10 – Pele – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	52
Gráfico 11 – Saúde mental – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	55
Gráfico 12 – Saúde mental – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	56
Gráfico 13 – Qualidade da saúde	58
Gráfico 14 – Resumo dos principais achados da análise da situação de saúde nos territórios atingidos a partir da PDP	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura das perguntas em saúde da PDP	28
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição dos estratos para seleção de setores da área atingida.....	21
Tabela 2 – Descritivas de doenças para toda a amostra	25
Tabela 3 – Descritivas de doenças, por recorte de domicílio (atingidos x comparação)	26
Tabela 4 – Resultados da estimação do modelo, versão 1 (teve a doença em qualquer momento).....	27
Tabela 5 – Resultados da estimação do modelo, versão 2 (teve a doença pós-2015)	27
Tabela 6 – Percepção da própria saúde – Qualidade da saúde	30
Tabela 7 – Percepção da própria saúde, por estratos e regiões na amostra – Qualidade da saúde	31
Tabela 8 – Comparativa de números de casos totais	31
Tabela 9 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação	32
Tabela 10 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	32
Tabela 11 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial (por estratos distantes da margem do rio).....	34
Tabela 12 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial (por região ao longo do rio)	34
Tabela 13 – Coeficientes obtidos a partir do modelo 1 para cálculo de riscos	35
Tabela 14 – Variação Porcentual dos Riscos	36
Tabela 15 – Comparativa de números de casos totais	36
Tabela 16 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação	37
Tabela 17 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	37
Tabela 18 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial.....	38
Tabela 19 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial (por região ao longo do rio)	39
Tabela 20 – Comparativa de números de casos totais	40
Tabela 21 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação	40
Tabela 22 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	41
Tabela 23 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da Barragem, recorte territorial	42

Tabela 24 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial.....	42
Tabela 25 – Coeficientes obtidos a partir do modelo 1 de cálculo de riscos	43
Tabela 26 – Variação Porcentual dos Riscos	44
Tabela 27 – Comparativa de números de casos totais	44
Tabela 28 – Comparativa de números de casos totais atingidos e de comparação	45
Tabela 29 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	45
Tabela 30 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial.....	46
Tabela 31 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da Barragem, recorte territorial	47
Tabela 32 – Coeficientes obtidos a partir do modelo (1).....	48
Tabela 33 – Variação porcentual dos riscos	48
Tabela 34 – Comparativa de números de casos totais	49
Tabela 35 – Comparativa de números de casos totais atingidos e de comparação	49
Tabela 36 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem	50
Tabela 37 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial.....	51
Tabela 38 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da Barragem, recorte territorial (por região ao longo do rio)	51
Tabela 39 – Coeficientes obtidos a partir do modelo (1).....	52
Tabela 40 – Variação porcentual dos riscos	53
Tabela 41 – Comparativa de números de casos totais	53
Tabela 42 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação.....	54
Tabela 43 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da Barragem.....	54
Tabela 44 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial.....	55
Tabela 45 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial.....	56
Tabela 46 – Coeficientes obtidos a partir do modelo 1	57
Tabela 47 – Variação porcentual dos riscos	57
Tabela 48 – Qualidade da saúde	58
Tabela 49 – Número de respostas afirmativas sobre a existência das doenças nos grupos de doenças analisados, para atingidos e grupo de comparação, discriminadas	

por região do rio, no período entre 2016 a 2022 (7 anos pós-rompimento da Barragem de Fundão) 59

Tabela 50 – Número de respostas afirmativas sobre a existência das doenças nos grupos de doenças analisados, para atingidos e grupo de comparação, discriminadas por região do rio, no período entre 2009 a 2015 (7 anos pré-rompimento da Barragem de Fundão) 60

Tabela 51 – Razão dos casos registrados depois e antes do rompimento da barragem (por igual período de tempo de 7 anos) para atingidos e controles, por região relativa ao Rio Doce [casos depois/ casos antes] 61

Tabela 52 – Razão dos casos registrados depois do rompimento da barragem e antes (por igual período de tempo de 7 anos) para atingidos e controles, por região relativa ao Rio Doce 61

Tabela 53 – Recorte territorial – Saúde estratos – Atingidos e de comparação 62

Tabela 54 – Qualidade de saúde segundo os respondentes (atingidos e controles) nos diferentes estratos estudados..... 63

Tabela 55 – Tabela resumo dos principais achados da análise da situação de saúde nos territórios atingidos a partir da PDP 68

LISTA DE SIGLAS

PDP – Pesquisa Domiciliar Participativa

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	12
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP)	14
1.2 Epidemiologia.....	16
2 OBJETIVOS	20
3 METODOLOGIA	21
3.1 Planejamento amostral.....	21
3.2 Regiões e estratos	22
3.3 Modelo para cálculo de riscos.....	23
3.4 Variáveis descritivas no modelo	25
3.5 Estrutura do questionário	27
4 RESULTADOS	29
4.1 Câncer.....	31
4.2 Digestivo – renal.....	36
4.3 Doenças respiratórias	44
4.4 Pele	49
4.5 Saúde mental	53
5 DISCUSSÃO	64
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A.....	72

SUMÁRIO EXECUTIVO

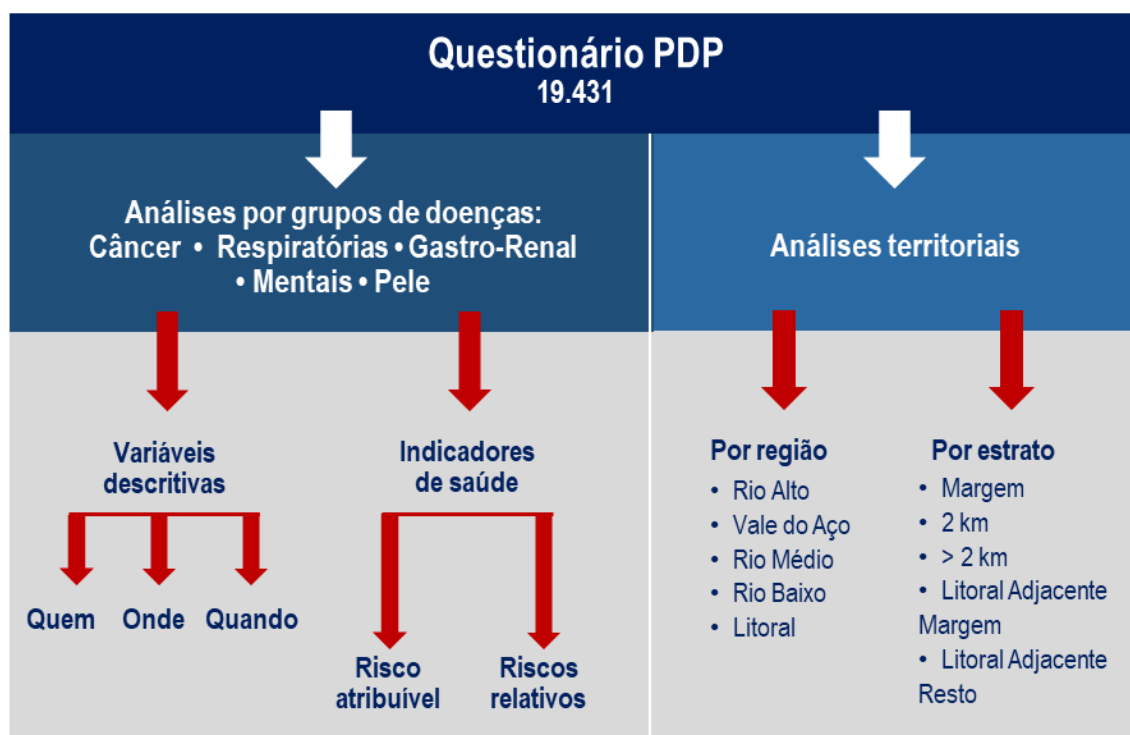
Neste relatório são apresentados os resultados referentes à saúde da população atingida a partir da Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP). A PDP foi planejada pela equipe de economia da FGV, com o intuito principal de realizar um diagnóstico socioeconômico a partir das narrativas de uma amostra de atingidos, investigadas através de um questionário padronizado e de um desenho amostral.

Esta pesquisa está baseada em questionário realizado em uma amostra representativa da população de estudo com o objetivo de responder à pergunta de existência de impactos socioeconômicos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão. A população de interesse corresponde aos 45 municípios atingidos pelo desastre provocado pelo rompimento da barragem e a um conjunto de municípios de comparação, que servem de situação contrafactual aos municípios que experimentaram o desastre provocado pelo rompimento da Barragem de Fundão. Um total de 136 municípios foram pareados e escolhidos de forma estatística para representar um grupo de comparação.

As questões sobre o estado de saúde da população atingida, em comparação com uma amostra de controle, foram incluídas com o intuito de avaliar a percepção que a amostra de atingidos tem de sua situação clínico-epidemiológica, pré e pós-desastre, a partir da análise das respostas a uma série de perguntas baseadas em três eixos: (i) existência de doença (câncer, doenças respiratórias, doenças gastrointestinais, doenças renais, doenças de pele e agravos à saúde mental); (ii) temporalidade do diagnóstico (em que ano foi realizado o diagnóstico); (iii) local do domicílio entrevistado, definido como: municípios atingidos ou de comparação, em região referente ao Rio Doce (Rio alto, Vale do Aço, Rio médio, Rio Baixo ou Litoral) ou em estratos de distância ao rio: margem, 2 km de distância, mais de 2 km até o limite municipal, ou litoral.

Desta forma os resultados pretendem responder às perguntas: quem adoece, quando, onde, e quais doenças são mais prevalentes nesta população.

Figura 1 – Desenho representando a metodologia aplicada neste produto



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os resultados indicaram diferentes padrões de doenças nas diversas regiões e estratos analisados. Para todas as doenças analisadas existe um maior número de casos nos territórios atingidos em comparação aos municípios de comparação. Na comparação temporal, analisando o mesmo período de tempo antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, o câncer, as doenças renais e gastrointestinais e a saúde mental tiveram aumentos percentuais comparativos maiores nos atingidos do que nos controles. A região da margem teve o maior número de casos em atingidos do que em grupo de comparação para doenças respiratórias, da pele e a saúde mental. Já o rio Médio se apresenta como uma região com um maior número de casos em atingidos do que em controles para todas as doenças analisadas. Por fim, a análise de riscos indica diferenças significativas para os Riscos Relativos (na comparação depois e antes do rompimento da barragem) para todos os grupos de doenças e os Riscos Atribuíveis ao desastre têm significância para doenças respiratórias, gastrointestinais, renais, de pele e saúde mental.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP)

A PDP é um estudo domiciliar amostral que busca gerar insumos para o diagnóstico e a avaliação de diversos impactos socioeconômicos da população que reside nos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão. Para isto, a PDP realizou uma coleta de dados em uma amostra de municípios atingidos e outros em área de comparação, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Rio de Janeiro. Desta forma é possível realizar uma comparação quantitativa de cenários possíveis e a identificação de relações de causalidade (FGV, 2022x¹).

A coleta de dados ocorreu entre os meses de junho e novembro de 2022, de maneira concomitante na área atingida e na área de comparação correspondente e pareada com a primeira, para gerar resultados comparáveis, uma vez que o prazo de entrega dos relatórios não permite alcançar 100% do levantamento de dados completado. Os resultados apresentados neste relatório são baseados em amostra parcial, em relação à amostra total planejada. Portanto, os dados analisados se referem ao número total de entrevistas completas realizadas até o dia 10 de outubro de 2022, correspondendo a 73,6% do número total de entrevistas planejadas segundo o plano amostral. De tal maneira, os dados analisados se referem ao número total de entrevistas completas realizadas até o dia 10 de outubro de 2022. Isto é, 73,6% do número total esperado de entrevistas, correspondendo a: (i) 7.915 entrevistas completas realizadas por meio do questionário domiciliar – 3.975 na área atingida e 3.940 na área de comparação –, o que representa 79,9% do número total esperado de entrevistas, e (ii) 7.289 entrevistas completas realizadas por meio do questionário individual – 3.668 na área atingida e 3.621 na área de comparação – o que representa 73,6% do número total esperado de entrevistas. A amostra parcial de domicílios foi devidamente reponderada, sendo, portanto, representativa para todas as regiões. A coleta de 100% dos dados da pesquisa, conforme o planejamento amostral da PDP, foi prevista para o final de novembro 2022, momento posterior à escrita deste relatório (FGV, 2022x).

As análises socioeconômicas se encontram descritas no produto “Diagnóstico Socioeconômico e Avaliação de Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão a

¹ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Diagnóstico Socioeconômico e Avaliação de Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão a partir da Pesquisa Domiciliar Participativa**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2022x.

Partir da Pesquisa Domiciliar Participativa”, realizado pela equipe de Microeconomia da FGV em 2022.

As análises realizadas a partir das perguntas referentes à saúde estão apresentadas em capítulos temáticos, primeiro por doença e depois realizando recortes territoriais. Primeiramente, são apresentadas estatísticas descritivas que permitem caracterizar a população em municípios atingidos em relação ao seu estado de saúde, em cinco grandes grupos de doenças: (i) doenças respiratórias; (ii) doenças gastrointestinais e renais; (iii) doenças de pele; (iv) câncer; e (v) agravos à saúde mental. A maior parte destas estatísticas descritivas é acompanhada por dados comparáveis obtidos da área de comparação, quando pertinente.

Os recortes territoriais analisam as doenças por estrato de distância ao rio e por região ao longo do Rio Doce e região oceânica. Por trás destes critérios existem duas hipóteses diferentes. Em relação aos estratos de distâncias à calha do rio, trabalha-se com a hipótese a margem do rio ter a maior concentração de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) devido à presença de lama que não foi removida da calha até o presente. Também na região de várzeas, regiões onde acontecem cheias naturais do rio acumulam solo novo, provenientes da lama que se encontra no rio. Isto impactaria de forma diferenciada a exposição a EPTs de moradores a diferentes distâncias do rio. Também partimos da hipótese de que o uso do rio, tanto para atividades de lazer como de subsistência e trabalho (pesca, agricultura, pecuária etc.), são representadas diferencialmente dependendo do local de moradia. Por outra parte, as regiões ao longo do rio possuem também características de exposição diferenciadas devido à própria natureza da mobilização de material particulado no rio.

Estas hipóteses estão embasadas em estudos prévios que indicam que, tanto na calha do Rio Doce quanto na região marinha-estuarina da foz do Rio Doce, há uma importante mobilização e contribuição da pluma de rejeitos na contaminação de cursos de águas, sedimento, solo e biota local, por metais e semimetais, associados à atividade histórica de mineração (INSTITUTO LACTEC, 2019a, Parecer Técnico 22). Além disso, embora existam evidências da sedimentação e do acúmulo do material em suspensão no fundo dos rios, estes materiais podem ser ressuspensos e disponibilizados na coluna d’água, desencadeando consequentemente alterações significativas na qualidade da água, biogeoquímica de sedimentos, bioacumulação e efeitos de toxicidade para a biota local e até mesmo para a população humana por longos períodos de tempo. Os impactos relacionados à contaminação e exposição por metais pesados em toda a bacia e região estuarina do Rio Doce não estão apenas relacionados ao potencial tóxico direto de contaminação, mas também, e sobretudo, aos efeitos de biomagnificação no

ecossistema, sendo as consequências da exposição passíveis de serem evidenciadas a curto, médio e longo prazo, como demonstrado por diversos trabalhos (IBAMA 2015²; FERNANDES et al., 2016³; FERNANDES et al., 2009⁴; UERJ, 2016⁵; HATJE et al., 2017⁶; IBAMA, 2016⁷; ICMBio 2017⁸; SEGURA et al., 2016⁹; MUNIZ e OLIVEIRA-FILHO, 2006¹⁰).

Estudou-se, por fim, para cada uma das doenças analisadas, os riscos relativos e o aumento percentual dos riscos relativos, assim como os riscos atribuíveis ao desastre.

1.2 Epidemiologia

Epidemiologia é definida como a “ciência que estuda o processo saúde-doença em coletividades humanas, analisando a distribuição e os fatores determinantes das enfermidades, danos à saúde e eventos associados à saúde coletiva, propondo medidas específicas de prevenção, controle ou erradicação de doenças, e fornecendo

² IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar dos Impactos Ambientais Decorrentes do Desastre Envolvendo o Rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. 2015.

³ FERNANDES, G. W.; GOULART, F. F.; RANIERI, B. D.; COELHO, M. S.; DALES, K.; BOESCHE, N.; BUSTAMANTE, M.; CARVALHO, F. A.; CARVALHO, D. C.; DIRZO, R.; FERNANDES, S.; GALETTI Jr., P. M.; MILLAN, V. E. G.; MIELKE, C.; RAMIREZ, J. L.; NEVES, A.; ROGASS, C.; RIBEIRO, S. P.; SCARIOT, A.; SOARES-FILHO, B. Deep Into the Mud: Ecological and Socio-economic Impacts of the Dam Breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, 2016, p. 35-45.

⁴ FERNANDES, V. O.; CAVATI, B.; SOUZA, B. D. A.; MACHADO, R. G.; COSTA, A. G. Lagoa Mãe-Bá (Guarapari-Anchieta, ES): Um Ecossistema com potencial de floração de cianobactérias? **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, 2009, p. 366-381.

⁵ UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). **Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA**, para o evento de 5-6 de janeiro de 2016. Rio de Janeiro, RJ, 4 mai. 2016.

⁶ HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A., REZENDE, C. A., et al. The Environmental Impacts of one of the Largest Tailing Dam Failures Worldwide. **Scientific Reports**, 2017.

⁷ IBAMA. **Parecer técnico sobre os resultados obtidos das coletas de amostras de água na região da foz do Rio Doce**, no período de 22/11/15 a 1/1/16, 2016. Disponível em: <www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2016.

⁸ INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Relatório de avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação – 1ª Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEPISUL/ICMBio (28 de abril de 2016)**. Equipe de Pesquisa Universidade Federal do Rio Grande – FURG/Coral Vivo. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 28 de abril. 2016d, 62p.

⁹ SEGURA, F. R. Potential Risks of the Residue From Samarco's Mine Dam Burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution**, 218, 2016.

¹⁰ MUNIZ, D. H. F., OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente**. Universitas: Ciências da Saúde, v. 4, n. 1/2, 2006, p. 83-100.

indicadores que sirvam de suporte ao planejamento, administração e avaliação das ações de saúde” (ROUQUAYROL e GOLDBAUM, 2003¹¹).

As perguntas básicas que pretendem ser respondidas por esta disciplina com o intuito de compreender o estado de saúde de diferentes populações se concentram em quatro grandes grupos:

1. Quais doenças (no presente trabalho foram escolhidos cinco grupos: doenças respiratórias, doenças de pele, doenças gastrointestinais e renais, câncer e doenças relativas à saúde mental), considerando os resultados achados por nossa equipe no estudo de carga de doenças (FGV, 2021¹²);
2. Quem adoece (neste trabalho, procuramos as diferenças em incidências de doenças em atingidos e grupo de comparação);
3. Onde (atingidos e grupo de comparação – estratos de proximidade ao rio, regiões geográficas ao longo do rio); e
4. Quando (antes ou depois do rompimento da Barragem de Fundão e o efeito deste evento catastrófico na saúde das populações atingidas).

Os métodos epidemiológicos podem ser utilizados para descrever impactos à saúde relacionados a desastres em populações afetadas (MALILAY et al., 2014¹³; NOJI, 1997¹⁴). Esses métodos fornecem informações sobre os efeitos potenciais na saúde das pessoas e permitem caracterizar riscos, avaliar necessidades médicas imediatas da população e dos sistemas de saúde, assim como rastrear consequências para a saúde pública a médio e longo prazo. Em combinação, essas metodologias podem contribuir para uma melhor compreensão das consequências para a saúde pública do evento e por sua vez subsidiar o desenho e a implementação de intervenções de saúde

¹¹ ROUQUAYROL, M. Z.; GOLDBAUM M. Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças. In ROUQUAYROL, Maria Zélia; ALMEIDA FILHO, Naomar de. **Epidemiologia & Saúde**. Rio de Janeiro: MEDSI, 2003.

¹² FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Diagnóstico em Saúde dos Municípios Atingidos pelo Rompimento da Barragem de Fundão, Mariana (MG), em 5 de novembro de 2015: Estimativa de Anos de Vida Perdidos por Incapacitação**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2021l.

¹³ MALILAY, J.; HEUMANN, M.; PERROTTA, D.; WOLKIN, A. F.; SCHNALL, A. H.; PODGORNICK, M. N.; CRUZ, M. A.; HORNEY, J. A.; ZANE, D.; ROISMAN, R.; GREENSPAN, J. R.; THOROUGHMAN, D.; ANDERSON, H. A.; WELLS, E. V.; SIMMS, E. F. **The Role of Applied Epidemiology Methods in the Disaster Management Cycle**. Am J Public Health. 2014 nov.; 104(11):2092-102. DOI: 10.2105/AJPH.2014.302010. Epub. 2014 sep. 11. PMID: 25211748; PMCID: PMC4202981.

¹⁴ NOJI, E. K.; TOOLE, M. J. **The Historical Development of Public Health Responses to Disaster**. Disasters. 1997 dec.; 21(4):366-76. DOI: 10.1111/1467-7717.00068. PMID: 9455008.

apropriadas que permitam melhorar o planejamento de esforços de intervenção, recuperação e mitigação para o futuro.

Embora estudos referentes à saúde dos afetados por um desastre normalmente sejam realizados logo após o evento, os efeitos na saúde das populações atingidas podem surgir muito tempo depois de um desastre como consequência de longos períodos de exposição a eventuais contaminantes produzidos ou liberados ao meio ou devido à própria natureza dos agravos (por exemplo, condições de saúde que só se manifestam após longos período de tempo). A modo de exemplo, um estudo longitudinal com sobreviventes expostos à contaminação pelo ar após o ataque ao World Trade Center em Nova York (2001) mostrou que os indivíduos expostos à nuvem de poeira tiveram risco aumentado para o desenvolvimento de asma de início recente assim como de transtorno de estresse pós-traumático 5 a 6 anos após o incidente (BRACKBILL et al., 2009¹⁵). Por outra parte, os impactos dos desastres na saúde mental das populações atingidas por desastres particularmente tecnológicos têm o potencial de afetar a saúde mental por longos períodos de tempo. Isto ficou demonstrado no acompanhamento feito em adultos que mostraram efeitos em sobreviventes do rompimento da barragem de represamento de rejeitos de carvão da mina de Buffalo Creek, em 1972, 14 anos depois do evento (FGV, 2021e¹⁶).

Existem diferentes desenhos de estudos epidemiológicos que permitem estudar as consequências para a saúde após um desastre. Neste contexto, a principal característica é sua natureza observacional em contraposição a estudos em que a variável de exposição pode ser alocada em participantes de forma aleatória, como no caso dos ensaios clínicos ou de estudos laboratoriais em cobaias, denominados estudos experimentais. Uma segunda característica a ser considerada é referente à possibilidade de reconstrução das experiências dos participantes quanto à intensidade de exposição aos fatores de risco assim como quanto aos agravos à saúde provocados por estes fatores de risco. Os estudos longitudinais e transversais representam extremos desta dimensão. Nos estudos longitudinais, a experiência da coorte foco de interesse é observada de forma contínua com uma caracterização detalhada das possíveis transições dos estados de exposição (exposto e não exposto), assim como

¹⁵ BRACKBILL, R. M.; HADLER, J. L.; DIGRANDE, L.; EKENGA, C. C.; FARFEL, M. R.; FRIEDMAN, S.; PERLMAN, S. E.; STELLMAN, S. D.; WALKER, D. J.; Wu, D.; Yu, S.; Thorpe, L. E. **Asthma and Posttraumatic Stress Symptoms 5 to 6 Years Following Exposure to the World Trade Center Terrorist Attack**. JAMA. 2009.

¹⁶ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Diagnóstico de Saúde para os Municípios Atingidos pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Análise de Dados dos Sistemas de Informação em Saúde do DATASUS: SIA e SINAN – Volume 1**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2021e.

dos estados de agravos (doente e não doente). O trabalho apresentado aqui representa um estudo transversal que permitirá ter indícios sobre a associação existente entre o rompimento da barragem e os impactos à saúde.

Hatje e colaboradores identificaram, em várias estações ao longo do rio, a existência de uma enorme quantidade de Fe e níveis de Fe, As, Hg, Mn e outros elementos que excedem os valores recomendados (HATJE et al., 2017¹⁷). A contaminação dos solos inundados pela lama, nas planícies de inundação, e a presença de sedimentos nos riachos que podem ser ressuspensos e transportados pelos rios em épocas de chuvas, não podem ser negligenciados dada a quantidade de rejeito depositado nas margens do rio ao longo de centenas de quilômetros na bacia hidrográfica do Rio Doce. Por exemplo, sabe-se que os sólidos da calha do rio são remobilizados durante os períodos de chuva, produzindo águas de alta turbidez, associadas a contaminantes metálicos que podem persistir por longos períodos de tempo (FGV, 2020m¹⁸).

No relatório a seguir apresentaremos uma análise descritiva das condições epidemiológicas de saúde na população de atingidos do desastre provocado pelo rompimento da Barragem de Fundão. Os resultados indicam impactos de natureza complexa e múltipla ao longo das diversas regiões do Rio Doce, como será apresentado a seguir.

¹⁷ HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A.; REZENDE, C. A. et al. The Environmental Impacts of One of the Largest Tailing Dam Failures Worldwide. **Scientific Reports**, 7: 10706, 2017.

¹⁸ FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Parâmetros e Subsídios para a Reparação dos Danos Socioeconômicos nos Territórios de Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado e Chopotó**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2020m. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/rosa-fortini-parametros-e-subsidios-para-a-reparacao-dos-danos-socioeconomicos_parte-1.pdf>.

2 OBJETIVOS

Com o objetivo de avaliar os impactos à saúde do rompimento da Barragem de Fundão, coletaram-se informações em uma pesquisa domiciliar participativa em duas regiões diferentes, a saber:

- I a área atingida, composta pelos 45 municípios atingidos pelo rompimento, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (ver Tabela 1, no Apêndice 1); e
- II a área de comparação, composta por 136 municípios nos estados de Minas Gerais, Espírito Santos, Bahia e Rio de Janeiro, selecionados por sua proximidade com rios, afluentes ou litoral e por terem características de suas populações similares às da área atingida (ver Tabela 2, no Apêndice 1).

Os objetivos principais deste trabalho foram:

- I Retratar a situação da saúde da população da região delimitada como atingida pelo desastre do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, com foco em seis grupos de doenças (câncer, doenças respiratórias, doenças gastrointestinais, doenças renais, doenças de pele e agravos à saúde mental);
- II Realizar cálculos de riscos que permitam testar a hipótese de ocorrência de impacto à saúde sobre a população da região atingida nos grupos de doenças estudados;
- III Avaliar os impactos do rompimento na saúde em diferentes regiões territoriais ao longo do Rio Doce e região litorânea.

3 METODOLOGIA

3.1 Planejamento amostral

A população residente nos 45 municípios atingidos pelo desastre do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, localizada em Mariana (MG), (i) a área atingida, composta pela população residente em domicílios particulares nos 45 municípios atingidos pelo rompimento, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, conforme o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC); (ii) a área de comparação, composta pela população residente em domicílios particulares localizados em 136 municípios dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Rio de Janeiro, selecionados por sua proximidade com rios ou zonas costeiras de características similares aos da área atingida. Cada um dos setores censitários selecionados na área atingida foi pareado com um setor similar na área de comparação, com base em amostra probabilística estratificada e conglomerada. A amostra da PDP resultou na seleção aleatória de 4.952 domicílios em cada área, atingida e de comparação, totalizando 9.904 domicílios.

Considerando a importância do fornecimento de resultados confiáveis, o planejamento amostral e os métodos de pesquisa consideram exclusivamente amostragem probabilística, tais como adotados pelo IBGE e agências produtoras de estatísticas oficiais da maioria dos países (SCIENCE, 2022, p. 3¹⁹).

Tabela 1 – Definição dos estratos para seleção de setores da área atingida

Recorte territorial	Percurso do Rio Doce				Litoral Adjacente
	Alto	Médio Vale do Aço	Médio Governador Valadares	Baixo/Foz	
	Candongas	Baguari	Aimorés/Mascarenhas	Litoral Linhares	
Margem	A	B	C	D	F1
Fora da margem até 2 km	E1	E2	E3	E4	F2
>2 km até o limite municipal	E5	E6	E7	E8	

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados da Nota Técnica “Planejamento Amostral para a Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP) do Projeto Rio Doce, da Fundação Getúlio Vargas (SILVA; VASCONCELOS, 2022, p. 4).

¹⁹ SCIENCE (Sociedade para o Desenvolvimento da Pesquisa Científica). SILVA, P. L. do N.; VASCONCELOS, M. T. L. **1A – Nota Técnica do Plano Amostral**. Planejamento amostral para a Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP) do Projeto Rio Doce, da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2022.

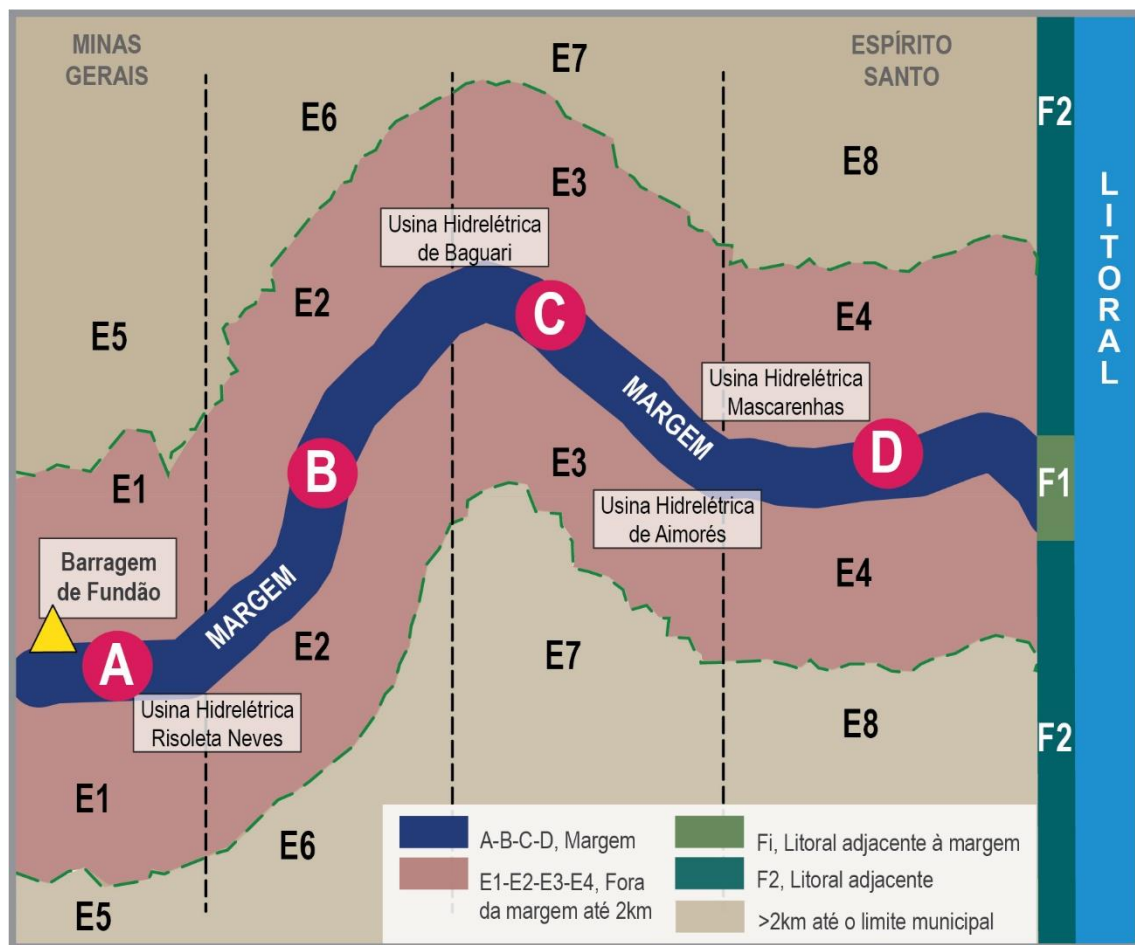
Foram aplicados dois questionários nos domicílios selecionados por amostragem, o questionário domiciliar e o questionário individual (FGV, 2022x). O primeiro levanta informações sobre o domicílio e todos os seus moradores, necessárias para o diagnóstico socioeconômico atual da população atingida. O questionário é respondido por pessoa de referência no domicílio, com 18 anos ou mais, auxiliado por um ou mais moradores, sempre que apropriado ou necessário, com permissão de respostas pelo informante substituto.

O segundo, o questionário individual, levanta informações atuais e retrospectivas, pré e pós-rompimento da Barragem de Fundão, somente no nível individual. Essas informações, necessárias para a avaliação de impactos, são captadas por meio dos seguintes blocos temáticos: (i) caracterização sociodemográfica do morador selecionado; (ii) trabalho e renda atuais; (iii) trabalho e renda anteriores; (iv) anos de referência (2019, 2016, 2014, informações coletadas do presente ao passado); (v) tempo de experiência. O questionário individual é respondido após a aplicação do questionário domiciliar por apenas um dos moradores do domicílio, com 23 anos ou mais, selecionado por sorteio com base na lista de moradores elegíveis registrada no questionário domiciliar.

3.2 Regiões e estratos

O desenho amostral foi realizado de forma de representar estatisticamente à população de interesse e de poder extrair conclusões válidas a partir da comparação entre as populações atingidas e de comparação. A região atingida, composta por 45 municípios, foi por sua vez estratificada em quatro regiões: Rio Alto, compreendida entre Mariana e a usina hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, conhecida como Candonga; Rio Médio, na região do Vale do Aço, compreendida entre Candonga e a usina hidrelétrica de Baguari, em Governador Valadares; Rio Médio entre a UHE Baguari e as usinas de Aimorés e Mascarenhas, na divisa entre Minas Gerais e Espírito Santo; Rio Baixo entre estas e a foz do rio no município de Linhares. O litoral, norte e sul, também foi considerado em duas regiões diferentes, Litoral Norte e Sul. Por outra parte, três diferentes estratos ao longo do rio e dois a partir do oceano foram também estabelecidos: Margem do Rio (setores censitários com divisa no Rio Doce), setores censitários até 2 km do rio, e setores desde os 2 km até a divisa dos municípios atingidos. No litoral, dois estratos, um correspondendo à margem com o litoral e outro interno, foram também estabelecidos. A Figura 1 representa os estratos e grupos que serão utilizados na análise a seguir.

Figura 1 – Definição dos estratos e regiões na amostra



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados da Nota Técnica “Planejamento Amostral para a Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP) do Projeto Rio Doce, da Fundação Getúlio Vargas (SILVA; VASCONCELOS, 2022, p. 4).

3.3 Modelo para cálculo de riscos

O modelo para cálculo de riscos utilizado foi de regressão linear, de acordo com a equação (Modelo 1)

$$Y_{is} = \alpha + \beta Atingido_{is} + X'_{is}\gamma + \delta_s + e_{is} \quad (1)$$

- Ponderadas pelo peso domiciliar (*peso_par_domic*).
- Y:
 - Versão 1: Alguém no domicílio já teve doença do tipo X (respiratória, câncer, gastrointestinal ou renal, pele ou mental)?

- Ou seja, se 2 pessoas no domicílio tiveram a doença, $Y = 1$, bem como se apenas uma pessoa no domicílio teve a doença. Caso nenhuma pessoa do domicílio tenha tido, $Y = 0$.
- Versão 2: Alguém no domicílio já teve doença do tipo X (respiratória, câncer, gastro, pele ou mental) após 2015?
 - Após 2015: dois filtros para captar
 - i. Em que ano foi diagnosticado? (1 se após 2015, 0 caso contrário). Para quem for *missing* nessa pergunta, utiliza-se a pergunta de idade no qual contraiu.
 - ii. $2022 - idade + idade\ no\ qual\ contraiu\ a\ doença$ (1 se após 2015, 0 caso contrário). Para quem for *missing* nessa pergunta, utiliza-se a pergunta de ano do diagnóstico.
- i : índice de domicílio;
- s : setor censitário;
- δ_s : efeito fixo de par;
- $Atingidos_{is}$: variável binária que vale 1 se o setor censitário s no qual o domicílio i está localizado fica em um dos 45 municípios considerados atingidos.
- β : coeficiente de interesse a ser estimado.
- X_i :
 - Número de membros da família (nas que não são *per capita*);
 - Proporção de membros da família que são crianças;
 - Proporção de membros da família que são idosos;
 - Idade do responsável da família;
 - Sexo do responsável da família;
 - Cor do responsável da família;
 - Nível educacional do responsável da família;
 - Tipo do setor (rural, urbano, aglomerado etc.);
- Erro-padrão robusto à heterocedasticidade.

3.4 Variáveis descritivas no modelo

- Para as variáveis indicadoras utilizadas nas estimações, foram feitas algumas descritivas, tanto para a versão 1 quanto para a versão 2.
- Os resultados estão ponderados pela variável de peso (*peso_par_domic*).

Tabela 2 – Descritivas de doenças para toda a amostra

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Mediana	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Máximo
<i>Todos</i>								
Respiratória	0.336	0.472	0	0	1	1	1	1
Câncer	0.051	0.220	0	0	0	0	1	1
Gastrointestinal	0.230	0.421	0	0	0	1	1	1
Pele	0.145	0.352	0	0	0	1	1	1
Saúde mental	0.238	0.426	0	0	0	1	1	1
Respiratória pós-2015	0.181	0.385	0	0	0	1	1	1
Câncer pós-2015	0.031	0.173	0	0	0	0	0	1
Gastrointestinal pós-2015	0.132	0.339	0	0	0	1	1	1
Pele pós-2015	0.095	0.293	0	0	0	0	1	1
Saúde mental pós-2015	0.152	0.359	0	0	0	1	1	1

Fonte: Elaboração própria (2022).

Tabela 3 – Descritivas de doenças, por recorte de domicílio (atingidos x comparação)

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Mediana	Percentil 75	Percentil 90	Percentil 95	Máximo
Grupo: Atingidos								
Respiratória	0.345	0.476	0	0	1	1	1	1
Câncer	0.052	0.221	0	0	0	0	1	1
Gastrointestinal	0.259	0.438	0	0	1	1	1	1
Pele	0.179	0.383	0	0	0	1	1	1
Saúde mental	0.262	0.440	0	0	1	1	1	1
Respiratória pós-2015	0.192	0.394	0	0	0	1	1	1
Câncer pós-2015	0.034	0.182	0	0	0	0	0	1
Gastrointestinal pós-2015	0.162	0.369	0	0	0	1	1	1
Pele pós-2015	0.122	0.328	0	0	0	1	1	1
Saúde mental pós-2015	0.174	0.379	0	0	0	1	1	1
Grupo: Comparação								
Respiratória	0.326	0.469	0	0	1	1	1	1
Câncer	0.050	0.219	0	0	0	0	1	1
Gastrointestinal	0.203	0.402	0	0	0	1	1	1
Pele	0.113	0.317	0	0	0	1	1	1
Saúde mental	0.216	0.411	0	0	0	1	1	1
Respiratória pós-2015	0.170	0.376	0	0	0	1	1	1
Câncer pós-2015	0.028	0.165	0	0	0	0	0	1
Gastrointestinal pós-2015	0.104	0.305	0	0	0	1	1	1
Pele pós-2015	0.069	0.254	0	0	0	0	1	1
Saúde mental pós-2015	0.131	0.338	0	0	0	1	1	1

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Tabela 4 – Resultados da estimação do modelo, versão 1 (teve a doença em qualquer momento)

	Categoria de doença				
	Respiratória	Câncer	Gastro-renal	Pele	Saúde mental
Atingido	0.0142	-0.000982	0.0562	0.0536	0.0362
	[0.0215]	[0.0102]	[0.0193]***	[0.0165]***	[0.0190]*
Constante	0.253	0.0336	0.108	0.0622	0.148
	[0.0536]***	[0.0257]	[0.0495]**	[0.0385]	[0.0470]***
Número de observações	6698	6698	6698	6698	6698

Fonte: Elaboração própria (2022).

Nota: Erros-padrão robustos entre colchetes. * $p < 0.1$ ** $p < 0.05$ *** $p < 0.01$. Estimações com base na versão de dados da PDP entregue no dia 10/10/2022.

Tabela 5 – Resultados da estimação do modelo, versão 2 (teve a doença pós-2015)

	Categoria de doença				
	Respiratória	Câncer	Gastro-renal	Pele	Saúde mental
Atingido	0.0114	0.00606	0.0497	0.0450	0.0318
	[0.0179]	[0.00790]	[0.0159]***	[0.0139]***	[0.0158]**
Constante	0.112	0.0309	0.0436	0.0985	0.144
	[0.0429]***	[0.0209]	[0.0429]	[0.0319]***	[0.0394]***
Número de observações	6698	6698	6698	6698	6698

Fonte: Elaboração própria (2022).

Nota: Erros-padrão robustos à heterocedasticidade entre colchetes. * $p < 0.1$ ** $p < 0.05$ *** $p < 0.01$. Estimações com base na versão de dados da PDP entregue no dia 10/10/2022.

3.5 Estrutura do questionário

O questionário utilizado na PDP na área de saúde consistiu em cinco grupos de perguntas (um por cada grupo de doença investigada) com a estrutura representada no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Estrutura das perguntas em saúde da PDP

Estrutura do questionário na PDP
G94d. Algum médico ou profissional da saúde já deu diagnóstico de Doença? 1. Sim 2. Não 3. Não sabe (Ignorado)
G94d1. Qual diagnóstico: _____
G94e. Em que ano foi diagnosticado? _____ <i>Deixar em branco se não sabe informar</i>
G94f. Que idade tinha quando foi diagnosticado(a)? ____ <i>Deixar em branco se não sabe informar (Ignorado)</i>
G94f1. Faz uso de algum medicamento de uso contínuo para esse diagnóstico? 1. Sim 2. Não 3. Não sabe (Ignorado)

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre questionário Science/FGV 2022.

4 RESULTADOS

O presente relatório tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na pesquisa domiciliar participativa no que diz respeito ao eixo saúde.

Os resultados serão apresentados em capítulos temáticos para cada um dos conjuntos de doenças estudadas na PDP: (i) câncer; (ii) doenças renais; (iii) doenças do aparelho digestivo; (iv) doenças respiratórias; (v) doenças da pele; e (vi) agravos à saúde mental e por estratos territoriais: (i) Rio Alto; (ii) Rio Médio – Vale do Aço; (iii) Rio Médio – Governador Valadares; (iv) Rio Baixo; e (v) Litoral (região dos litorais norte e sul em relação à foz do Rio Doce (Figura 1).

Primeiramente, são apresentadas estatísticas descritivas para poder compreender o perfil de saúde da região atingida. Perguntas básicas para compreender a saúde de uma população como quem, quando e onde acontecem os casos para as doenças analisadas são respondidas a partir da comparação dos casos registrados nos municípios atingidos e de comparação na amostra estudada, representativa da região do Rio Doce e litoral capixaba.

Caraterísticas gerais sobre os domicílios (ex.: número de moradores, acesso à rede de abastecimento de água, acesso à internet etc.) e os moradores (ex.: proporção de mulheres, média de idade, escolaridade, proporção de pessoas ocupadas e renda dentre outras) estão analisados e discutidos no produto (FGV, 2022x). Nesse relatório também são providas informações sobre migração, produção e consumo e sobre o processo de reparação do desastre (ex.: cadastramento pela Fundação Renova, acesso aos programas de reparação e ao Sistema Novel).

A estrutura das perguntas referentes à saúde seguiu um padrão simples focado na (i) existência de doenças a partir da pergunta “Algum médico ou profissional da saúde já deu diagnóstico de algum tipo de câncer, doença gastrointestinal, doença renal, doença respiratória, doença de pele ou algum agravo à saúde mental”; (ii) no momento ou tempo de diagnóstico da mesma, mediante as respostas às perguntas “em que ano foi diagnosticado” ou “que idade você tinha no momento do diagnóstico”; e (iii) no local de moradia do indivíduo diagnosticado, mediante a geolocalização do local da entrevista. Por último uma pergunta referente ao Uso de Medicamentos foi incluída na entrevista.

A nível domiciliar, ou seja, a partir das respostas do responsável do domicílio presente no local onde a entrevista foi realizada, incluiu-se uma pergunta de tipo aberta sobre a qualidade da saúde. A pergunta, “Como você avalia a sua saúde” com possibilidades de resposta: “Muito boa”, “Boa”, “Regular”, “Ruim” e “Muito ruim”.

A percepção da própria saúde como “Muito boa” foi maior no grupo de comparação do que nos atingidos (61,29 *versus* 38,71%). Enquanto a percepção da saúde como “Regular”, “Ruim” ou “Muito ruim” foi maior no grupo de atingidos do que no grupo de comparação (54,69 contra 45,31; 63,34 contra 36,66 e 54,62 contra 45,38, respectivamente): Tabela 6.

Tabela 6 – Percepção da própria saúde – Qualidade da saúde

	Qualidade da saúde				Total geral
	Atingido	Atingido (%)	Comparação	Comparação (%)	
Muito boa	408	38,71	646	61,29	1.054
Boa	1.633	49,07	1.695	50,93	3.328
Regular	1.300	54,69	1.077	45,31	2.377
Ruim	254	63,34	147	36,66	401
Muito ruim	65	54,62	54	45,38	119
Total	3.660	50,28	3.619	49,72	7.279

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A análise por estratos em relação à percepção da própria saúde indica que a percepção de saúde como “Muito Boa” é maior nos municípios de comparação para todos os estratos analisados (margem, até 2 km, mais de 2 km, litoral margem e litoral resto), assim como é maior a resposta “Regular”, “Ruim” e “Muito ruim” tem maioria de respostas nos atingidos, com exceção na resposta “Boa” para o grupo de comparação.

Tabela 7 – Percepção da própria saúde, por estratos e regiões na amostra – Qualidade da saúde

Qualidade da saúde – Pergunta aberta										
	Muito boa		Boa		Regular		Ruim		Muito ruim	
Estrato	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação
Margem	226	322	882	917	732	586	153	78	44	26
2 km	32	73	181	182	137	120	32	13	2	6
> 2 km	57	79	230	223	166	151	28	19	3	7
Litoral adjacente margem	47	89	167	187	126	108	23	16	11	4
Litoral adjacente resto	46	83	173	186	139	112	18	21	5	11
Total	408	646	1.633	1.695	1.300	1.077	254	147	65	54

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Nesta pesquisa foram analisados seis grupos de doenças e agravos. A seguir apresenta-se cada um destes grupos de doenças analisados em capítulos separados.

4.1 Câncer

4.1.1 Variáveis descritivas

Das 19.418 respostas, 398 resultaram em respostas afirmativas para diagnóstico de câncer, o que corresponde a 2,05% desta população, independentemente do momento em que o diagnóstico foi realizado (Tabela 8).

Tabela 8 – Comparativa de números de casos totais

Câncer – Quem – Total	
Não	19.020
Sim	398
Total	19.418

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando comparados os municípios atingidos e de comparação, observa-se que 53% dos diagnósticos de câncer foram em municípios atingidos e 47% em municípios de comparação. Estes valores não são significativamente diferentes entre si (*Chi-quadrado* = 0.7879 e *p*-valor 0.374748. O resultado indica um *p* valor > .05 não significativo).

Tabela 9 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação

Câncer – Quem – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Não	9.656	9.364
Sim	211	187
Total	9.867	9.551

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Porém, ao analisar a temporalidade dos casos entre municípios atingidos e de comparação, pode-se observar um aumento dos casos de câncer em municípios atingidos e de comparação, no período compreendido entre 2016 e 2022 (Tabela 10 e Gráfico 1), com uma maior representatividade de casos nos municípios atingidos (2,9 e 2,1 vezes mais casos de câncer nos municípios atingidos do que nos de comparação, respectivamente). Estes números não são significativos, porém a incidência dos casos de câncer é muito baixa na amostra e na população geral.

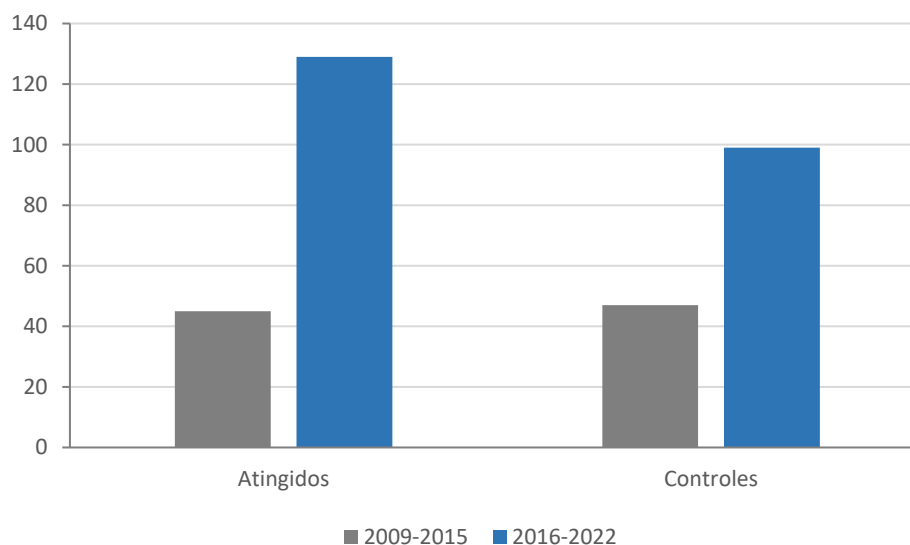
Tabela 10 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem

Câncer – Quando – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
1970-2008	37	41
2009-2015 (7 anos antes)	45	47
2016-2022 (7 anos depois)	129	99
Total	211	187

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

O Gráfico 1 a seguir, representa as variações dos casos de câncer relatados em municípios atingidos e controles, comparando um igual período de tempo, sete anos antes e sete anos depois do rompimento da barragem.

Gráfico 1 – Câncer – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.1.1.1 Análise territorial (por estratos e por regiões)

A análise geográfica considerando os diferentes estratos, i.e. “margem”, “até 2 km”, “mais de 2 km” e o “litoral” (margem e resto) na comparação entre municípios atingidos e de comparação mostra um gradiente de casos que diminui em relação à distância ao rio. Tanto em relação ao Rio Doce, com os três primeiros estratos margem – 2 km e mais de 2 km, com 68, 22 e 17 casos –, quanto no litoral entre a margem (18 casos) e o resto do território (4 casos). Este gradiente, que não se encontra presente nos municípios de comparação, pode indicar que esta população se encontra sob efeito de contaminantes que gradativamente se afastam do rio e que afetam diferencialmente as populações na medida que nos afastamos do Rio Doce.

Tabela 11 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial (por estratos distantes da margem do rio)

Câncer – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Margem	68	57
2 km	22	13
> 2km	17	14
Litoral margem	18	9
Litoral resto	4	6
Total	129	99

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por outra parte, uma segunda categoria de análises territorial, comparando os casos de câncer nas diversas regiões do Rio Doce (“Rio Alto”, “Região do Vale do Aço”, “Rio Médio” e “Rio Baixo”) mostra um aumento mais significativo dos casos nos municípios atingidos na região do Rio Médio. Os casos de câncer relatados nos municípios do Rio Médio na região atingida representam 37,4% do total de todos os casos e 30,9% da região de comparação.

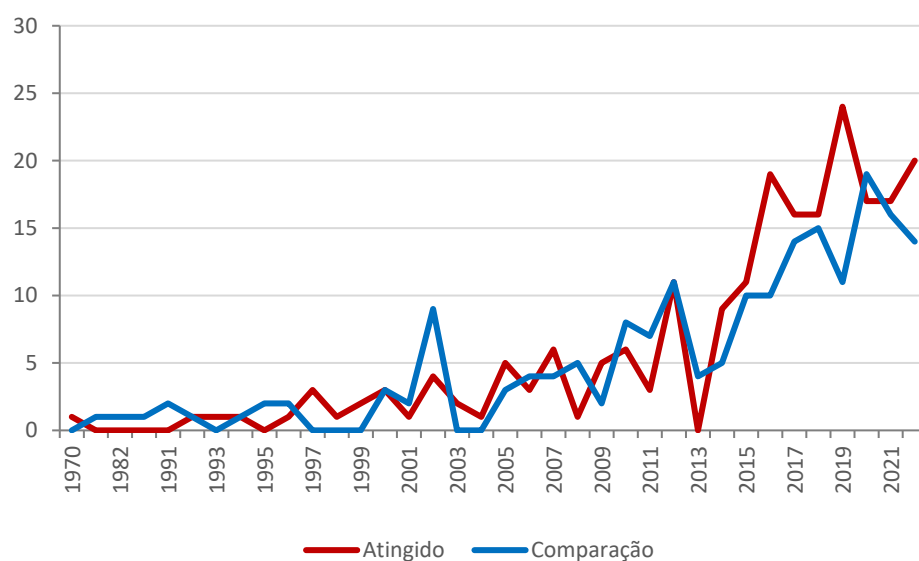
Tabela 12 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial (por região ao longo do rio)

Câncer – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Rio Alto	17	14
Vale do Aço	19	15
Rio Médio	40	26
Rio Baixo	31	29
Total	107	84

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por fim, apresentamos a série histórica compreendendo todos os casos de câncer relatados em atingidos e controles. A série mostra o aumento de casos a partir de 2013, tanto nos municípios atingidos, quanto nos municípios de comparação, porém com aumentos significativos a partir de 2016 para os municípios atingidos com um valor máximo para toda a série histórica em 2019 (gráfico 2)).

Gráfico 2 – Câncer – Série histórica de casos para atingidos e de comparação



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.1.2 Riscos relativos câncer

A partir do modelo (1), foram estimados os coeficientes do modelo linear, os quais representam os riscos expressos como variação percentual. A Tabela 13 mostra os valores dos coeficientes para o agravio “Câncer”.

Tabela 13 – Coeficientes obtidos a partir do modelo 1 para cálculo de riscos

	Média	DP	IC 95%
Atingidos			
Câncer	0,052	0,221	0,002993
Câncer pós-2015	0,034	0,182	0,002461
Comparação			
Câncer	0,050	0,219	0,00296
Câncer pós-2015	0,028	0,165	0,002227

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A Tabela 14 mostra os riscos relativos (RR), expressos como a razão dos coeficientes do modelo (1) entre atingidos e controles, e os riscos atribuíveis (RA), expressos como a diferença entre os valores dos coeficientes do modelo (1).

Tabela 14 – Variação Porcentual dos Riscos

Agravo	RR	IC 95%	RA	IC 95%
Câncer	2,39	8,30	0,12	0,42
Câncer pós-2015	22,90 ⁺	11,31	0,64	0,33

⁺Variação estatisticamente significativa a nível de 5%

* RR =2,39 significa 2,39% de risco adicional para atingidos

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.2 Digestivo – renal

4.2.1 Renais

4.2.1.1 Variáveis descritivas

Das 19.307 respostas, 1.810 resultaram em respostas afirmativas para diagnóstico de diversas doenças renais, o que corresponde a 9,37% desta população, independentemente do momento em que o diagnóstico foi realizado (Tabela 15).

Tabela 15 – Comparativa de números de casos totais

Doenças Renais – Quem – Total	
Não	17.497
Sim	1.810
Total	19.307

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando comparados os municípios atingidos e de comparação observa-se que 54,2% dos diagnósticos de doenças renais foram em municípios atingidos e 45,8% em municípios de comparação. Estes valores são significativamente diferentes entre si (*Chi-quadrado* = 9,1183 e o *p*-valor= 0,002531. O resultado indica um *p* valor significativo com *p*<0,005).

Tabela 16 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação

Doenças Renais – Quem – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Não	8.831	8.666
Sim	981	829
Total	9.812	9.495

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

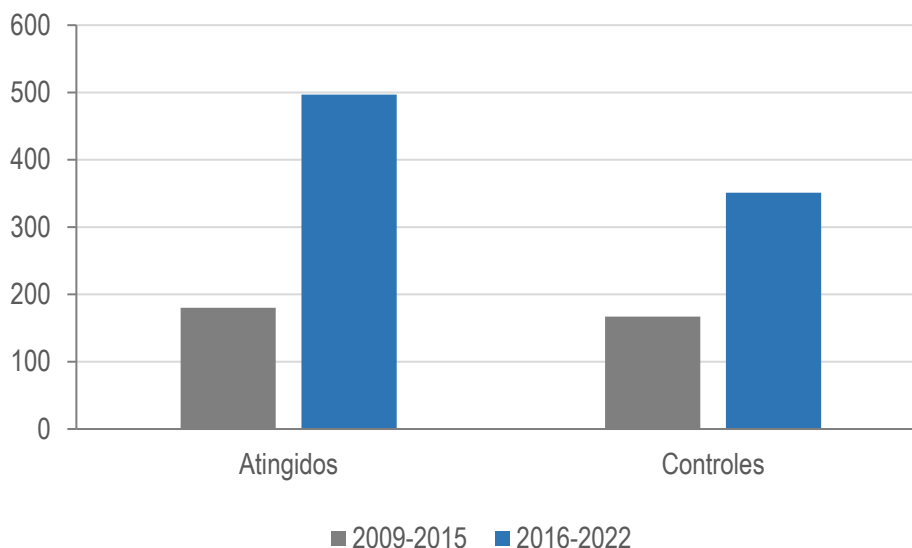
Ao analisar a temporalidade de aparição dos casos entre municípios atingidos e de comparação, pode-se observar um aumento dos casos de doenças renais tanto nos municípios atingidos quanto nos controles, quando comparado o mesmo período de tempo de sete anos, porém este aumento representa 2,8 vezes em atingidos e 1,5 nos controles (Tabela 17 e Gráfico 3).

Tabela 17 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem

Doenças Renais – Quando – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
1970-2008	224	237
2009-2015	180	167
2016-2022	497	351
Total	901	755

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Gráfico 3 – Renais – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.2.1.2 Análise territorial

A análise geográfica considerando os diferentes estratos na comparação entre municípios atingidos e de comparação mostra também para os casos de doenças renais um gradiente de casos que diminui em relação à distância ao rio tanto para os municípios atingidos como de comparação.

Tabela 18 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial

Doenças Renais – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Margem	320	218
2 km	61	36
> 2 km	55	33
Litoral margem	27	21
Litoral resto	34	43
Total	497	351

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A comparação dos casos de doenças renais nas diversas regiões do Rio Doce (“Rio Alto”, “Região do Vale do Aço”, “Rio Médio” e “Rio Baixo”) mostra um aumento muito significativo dos casos nos municípios atingidos na região do Rio Médio, representando 47,7% de todos os casos renais na amostra da população atingida, em quando representam 28,2 de todos os casos na região de comparação.

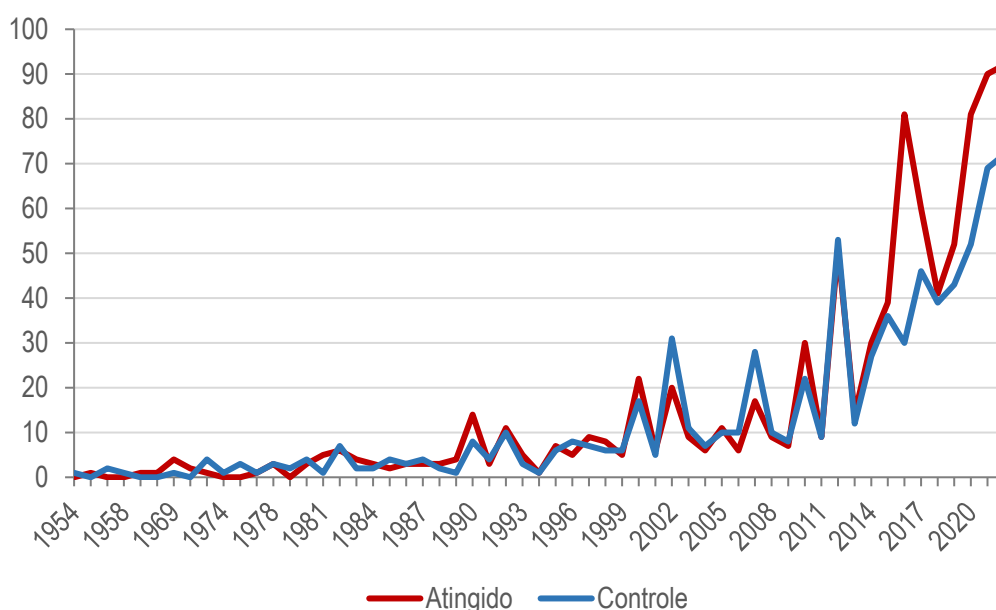
Tabela 19 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial (por região ao longo do rio)

Doenças Renais – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Rio Alto	52	68
Vale do Aço	88	53
Rio Médio	208	81
Rio Baixo	88	85
Total	436	287

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por fim, a série histórica mostra um aumento expressivo de casos em 2016 e 2017 nos municípios atingidos (Gráfico 4), assim como uma tendência de aumento a partir de 2019 novamente.

Gráfico 4 – Renais – Série histórica de casos para atingidos e de comparação



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.2.2 Gastrointestinais

4.2.2.1 Variáveis descritivas

Das 19.392 respostas, 1.895 resultaram em respostas afirmativas para diagnóstico de doenças gastrointestinais ou digestivas, o que corresponde a 9,77% desta população a qualquer momento (Tabela 20).

Tabela 20 – Comparativa de números de casos totais

Digestivo – Quem – Total	
Não	17.497
Sim	1.895
Total	19.392

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando comparados os municípios atingidos e de comparação observa-se que 54,2% dos diagnósticos de doenças gastrointestinais foram em municípios atingidos e 45,8% em municípios de comparação. Estes valores são significativamente diferentes entre si (χ^2 = 9,4862 e um p -valor 0,00207. O resultado indica um p valor significativo $p < 0,005$ significativo).

Tabela 21 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação

Digestivo – Quem – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Não	8.831	8.666
Sim	1.027	868
Total	9.858	9.534

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Ao analisar a temporalidade dos casos entre municípios atingidos e de comparação em relação ao rompimento da barragem, pode-se observar um aumento dos casos de doenças gastrointestinais nos municípios atingidos após 2016 que corresponde a 56,7% do total de casos registrado na população atingida, enquanto corresponde a 46,5% nos casos dos municípios de comparação (Tabela 22 e Gráfico 5). Por outra parte, a comparação entre o mesmo período de tempo antes e depois do rompimento indica um

aumento de casos 2,93 vezes no caso dos atingidos, e de 2,08 para o grupo de comparação.

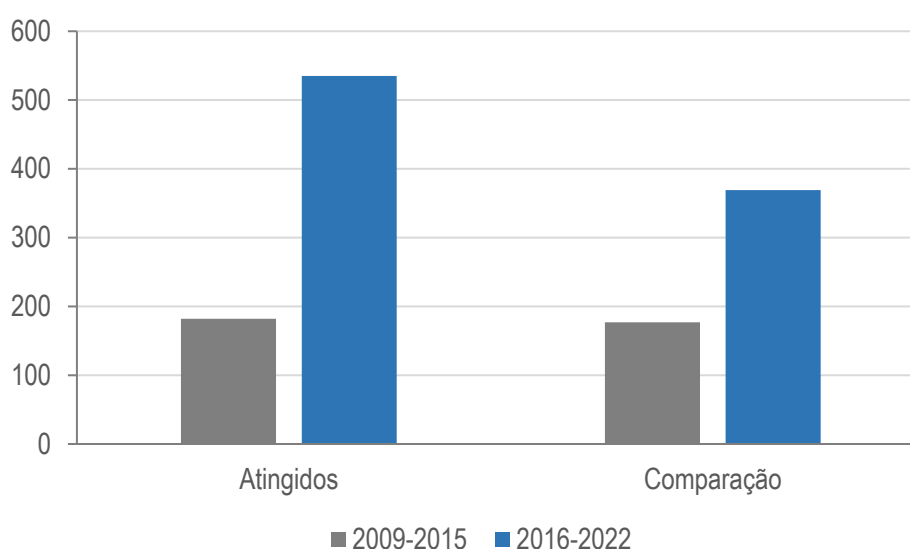
Tabela 22 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem

Digestivo – Quando – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
1970-2008	226	246
2009-2015	182	177
2016-2022	535	369
Total	943	792

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

O Gráfico 5, a seguir, representa as variações dos casos de doenças gastrointestinais relatados, considerando igual período de tempo na população atingida e de comparação.

Gráfico 5 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem, para as doenças gastrointestinais



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.2.2.2 Análise territorial

A análise geográfica considerando os diferentes estratos, i.e. “margem”, “até 2 km”, “mais de 2 km” e o “litoral” (margem e resto) na comparação entre municípios atingidos e de comparação mostra um gradiente de casos que diminui em relação à distância ao Rio Doce, com os três primeiros estratos: margem, 2 km e mais de 2 km, com 348, 65 e 57 casos, respectivamente para atingidos. Este gradiente também se observa nos municípios de comparação, embora o número total de casos seja menor.

Tabela 23 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da Barragem, recorte territorial

Digestivo – Onde – Depois (2016 a 2022) Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Margem	348	230
2 km	65	40
> 2 km	57	33
Litoral margem	29	21
Litoral resto	36	45
Total	535	369

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Na comparação dos casos de doenças gastrointestinais nas diversas regiões do Rio Doce (“Rio Alto”, “Região do Vale do Aço”, “Rio Médio” e “Rio Baixo”) mostra um número mais expressivo de casos nos municípios atingidos na região do Rio Médio, que corresponde a 46,8% de todos os casos. Já na região de comparação 29,4% dos casos correspondem a registros no Rio Baixo.

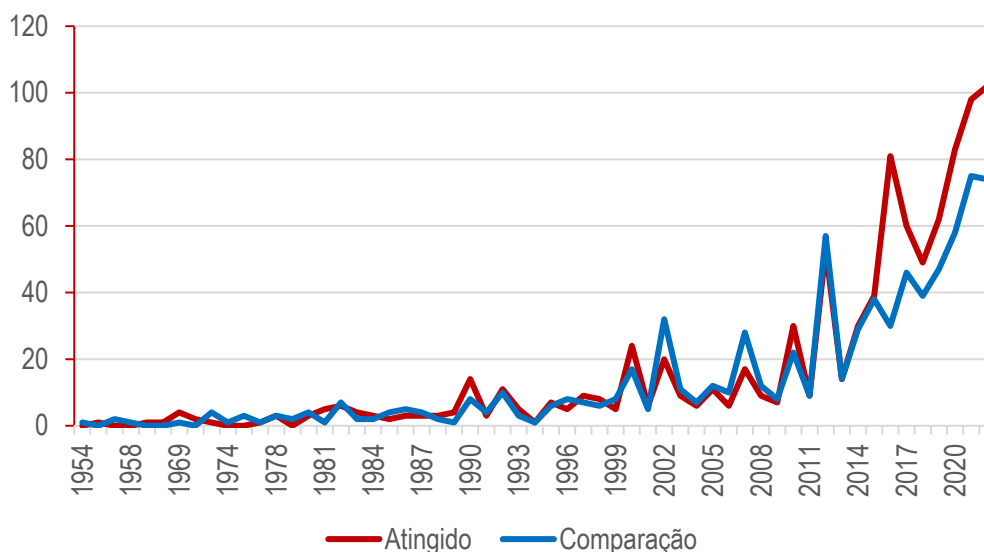
Tabela 24 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial

Digestivo – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Rio Alto	56	74
Vale do Aço	94	59
Rio Médio	220	81
Rio Baixo	100	89
Total	470	303

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por fim, a série histórica mostra um aumento de casos em 2016, assim como uma tendência de aumento a partir de 2019 nos municípios atingidos (Gráfico 6). Este último aumento se encontra acompanhado de um aumento comparável, mas de menor magnitude na população de comparação.

Gráfico 6 – Gastro – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.2.3 Riscos relativos – gastrointestinais – renais

A partir do modelo (1), foram estimados os coeficientes do modelo linear, os quais representam os riscos expressos como variação percentual. A Tabela 25 mostra os valores dos coeficientes para o agravo “Doenças gastrointestinais e renais”.

Tabela 25 – Coeficientes obtidos a partir do modelo 1 de cálculo de riscos

	Média	DP [#]	IC* 95%
Atingidos			
Gastro-Renais Pré-2015	0,259	0,438	0,005929
Gastro-Renais Pós-2015	0,162	0,369	0,004987
Comparação			
Gastro-Renais Pré-2015	0,203	0,402	0,005442
Gastro-Renais Pós-2015	0,104	0,305	0,004131

DP = Desvio Padrão

*IC = Intervalo de Confiança

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A Tabela 26 mostra os riscos relativos (RR) expressos como a razão dos coeficientes do modelo (1) entre atingidos e controles, e os riscos atribuíveis (RA), expressos como a diferença entre os valores dos coeficientes do modelo (1).

Tabela 26 – Variação Porcentual dos Riscos

Agravo	RR	IC 95%	RA	IC 95%
Gastro-Renais Pré-2015	27,67 ⁺	3,74	5,62 ⁺	0,80
Gastro-Renais Pós-2015	55,86 ⁺	5,61	5,81 ⁺	0,65

⁺Variação estatisticamente significativa a nível de 5%

*RR = 27,67 significa um risco adicional para atingidos de 27,67%

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.3 Doenças respiratórias

4.3.1 Variáveis descritivas

No caso das doenças respiratórias, das 19.351 respostas, 3.085 resultaram em respostas afirmativas para diagnóstico de algum tipo de doenças respiratórias, o que corresponde a 15,95% desta população, independentemente do momento em que o diagnóstico foi realizado (Tabela 27).

Tabela 27 – Comparativa de números de casos totais

Respiratório – Quem – Total	
Não	16.266
Sim	3.085
Total geral	19.351

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando comparados os municípios atingidos e de comparação observa-se que 53% dos diagnósticos de doenças respiratórias foram em municípios atingidos e 47% em municípios de comparação. Estes valores são significativamente diferentes entre si. (*Chi-quadrado* = 9,3643 e um *p*-valor 0,02212. O resultado indica um *p* valor significativo $p < 0,05$).

Tabela 28 – Comparativa de números de casos totais atingidos e de comparação

Respiratório – Quem – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Não	8.196	8.070
Sim	1.644	1.435
Total	9.840	9.505

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Ao analisar a temporalidade dos casos entre municípios atingidos e de comparação, pode-se observar um aumento de magnitudes similares nos municípios atingidos e de comparação (Tabela 29 e Gráfico 7) ao comparar o mesmo período antes e depois do rompimento (em ambos casos de 1,9 vezes).

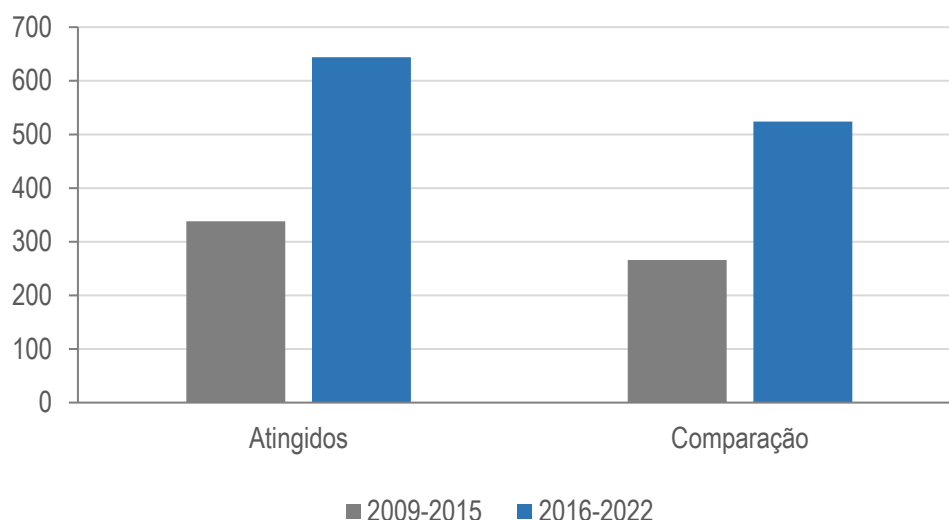
Tabela 29 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem

Respiratório – Quando Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
1970-2008	522	523
2009-2015	338	266
2016-2022	644	524
Total	1504	1313

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

O Gráfico 7, a seguir, representa as variações dos casos de câncer relatados, em igual período de tempo, na população atingida e de comparação.

Gráfico 7 – Respiratório – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2002), sobre dados Science/FGV 2022.

4.3.1.1 Análise territorial

A análise geográfica considerando os diferentes estratos, i.e. “margem”, “até 2 km”, “mais de 2 km” e o “litoral” (margem e resto) na comparação entre municípios atingidos e comparação, mostra um gradiente de casos que diminui em relação à distância ao rio.

Os casos na margem do rio representam 63,6% dos casos relatados nos municípios atingidos, e 51,7% relativos aos municípios de comparação.

Tabela 30 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial

Respiratório – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Margem	410	271
2 km	76	54
> 2 km	73	73
Litoral Margem	34	37
Litoral Resto	51	89
Total	644	524

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A comparação dos casos de doenças respiratórias nas diversas regiões do Rio Doce (“Rio Alto”, “Região do Vale do Aço”, “Rio Médio” e “Rio Baixo”) mostra um aumento mais significativo dos casos nos municípios atingidos na região do Rio Médio, representando 41,8% do total de registros nos municípios atingidos e 30,6% do total de registros em municípios de comparação.

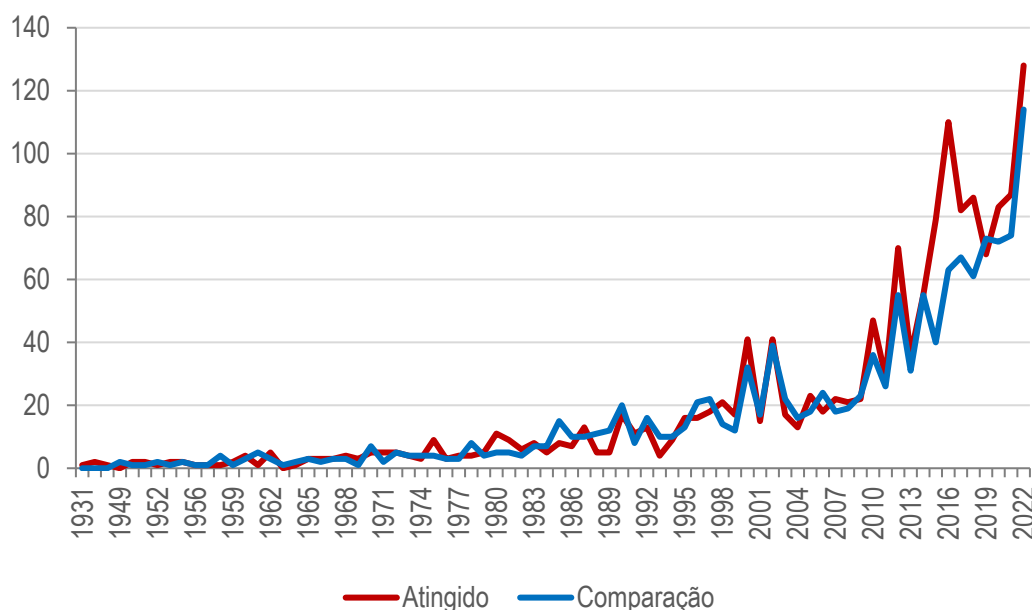
Tabela 31 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da Barragem, recorte territorial

Respiratório – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Rio Alto	99	90
Vale do Aço	85	70
Rio Médio	234	122
Rio Baixo	141	116
Total	559	398

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por fim, a série histórica mostra uma tendência de aumento de casos a partir de 2010 tanto nos municípios atingidos como nos de comparação, mas com um maior número de casos nos municípios atingidos e com um aumento significativo dos registros em 2016 (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Respiratório – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.3.2 Riscos relativos

A partir do modelo 1 foram estimados os coeficientes do modelo linear, os quais representam os riscos expressos como variação percentual. A Tabela 32 mostra os valores dos coeficientes para o agravo “Doenças respiratórias”.

Tabela 32 – Coeficientes obtidos a partir do modelo (1)

	Média	DP	IC 95%
Atingidos			
Respiratório pré-2015	0,345	0,476	0,006432
Respiratório pós-2015	0,192	0,394	0,005329
Comparação			
Respiratório pré-2015	0,326	0,469	0,006342
Respiratório pós-2015	0,170	0,376	0,005084

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A Tabela 33 mostra os riscos relativos (RR), expressos como a razão dos coeficientes do modelo (1) entre atingidos e controles, e os riscos atribuíveis (RA), expressos como a diferença entre os valores dos coeficientes do modelo (1).

Tabela 33 – Variação percentual dos riscos

Agravo	RR	IC 95%	RA	IC 95%
Respiratório pré-2015	5,84 ⁺	2,73	1,91 ⁺	0,90
Respiratório pós-2015	12,83 ⁺	4,20	2,18 ⁺	0,74

⁺Variação estatisticamente significativa a nível de 5%

*Por exemplo, RR = 5,84 significa 5,84% de risco adicional para atingidos

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.4 Pele

4.4.1 Variáveis descritivas

Das 19.337 respostas, 1.241 resultaram em respostas afirmativas para diagnóstico de doenças de pele, o que corresponde a 6,41% desta população, independentemente do momento em que o diagnóstico foi realizado (Tabela 34).

Tabela 34 – Comparativa de números de casos totais

Pele – Quem – Total	
Não	18.096
Sim	1.241
Total	19.337

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando comparados os municípios atingidos e de comparação observa-se que 64,2% dos diagnósticos de doenças de pele foram em municípios atingidos e 35,7% em municípios de comparação. Estes valores são significativamente diferentes entre si. (*Chi-quadrado* = 9,4862 e *p*-valor 0,00207. O resultado indica um *p* valor significativo $p < 0,005$).

Tabela 35 – Comparativa de números de casos totais atingidos e de comparação

Pele – Quem – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Não	9.030	9.067
Sim	797	444
Total	9.827	9.551

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando se analisa a temporalidade dos casos entre municípios atingidos e de comparação, pode-se observar um aumento dos casos de doenças de pele nos municípios atingidos e de comparação após 2016 (Tabela 36 e Gráfico 9). No caso de municípios atingidos corresponde a 66,1% de todos os registros em atingidos de doenças de pele e a 55,2% dos registros de doenças de pele em municípios de comparação.

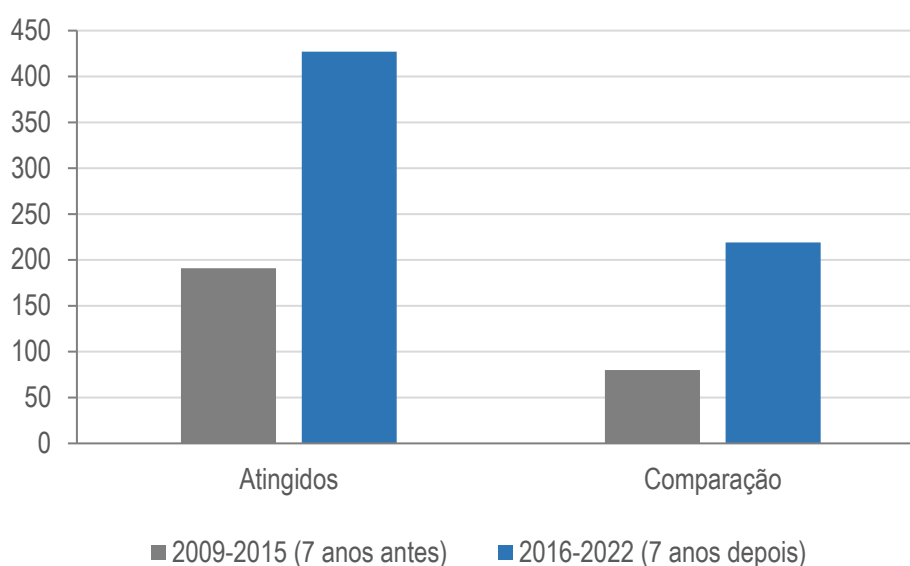
Tabela 36 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem

Pele – Quando – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
1970-2008	84	98
2009-2015	191	80
2016-2022	427	219
Total	702	397

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

O Gráfico 9, a seguir, representa as variações dos casos de doenças de pele relatados, em igual período de tempo, na população atingida e de comparação.

Gráfico 9 – Pele – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.4.1.1 Análise territorial

A análise geográfica considerando os diferentes estratos, i.e. “margem”, “até 2 km”, “mais de 2 km” e o “litoral” (margem e resto), na comparação entre municípios atingidos e comparação, mostra um gradiente de casos que diminui em relação à distância ao rio, principalmente para os municípios atingidos. A maior parte dos registros, como nas outras doenças estudadas, corresponde a indivíduos que moram na margem do rio,

representando 67% e 54,3% dos registros totais em municípios atingidos e controles, respectivamente.

Tabela 37 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial

Pele – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Margem	286	119
2 km	66	18
> 2 km	38	29
Litoral margem	18	19
Litoral resto	19	34
Total	427	219

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A comparação dos casos de doenças de pele nas diversas regiões do Rio Doce (“Rio Alto”, “Região do Vale do Aço”, “Rio Médio” e “Rio Baixo”) mostra que 44,1% e 36,1% de atingidos e municípios de comparação, respectivamente, se encontram no Rio Médio.

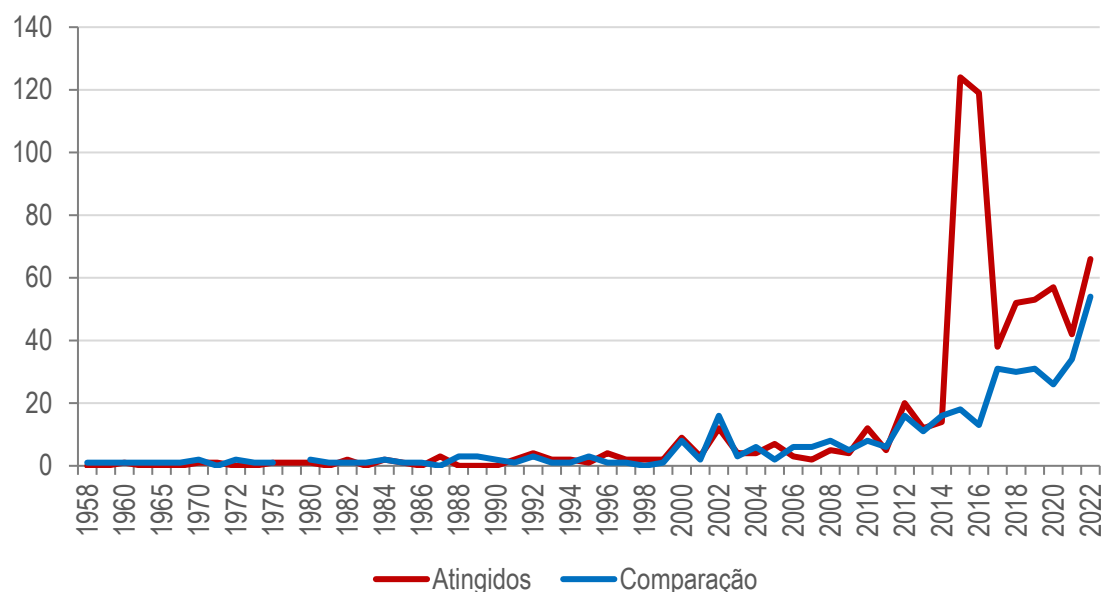
Tabela 38 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da Barragem, recorte territorial (por região ao longo do rio)

Pele – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Rio Alto	42	26
Vale do Aço	82	35
Rio Médio	172	60
Rio Baixo	94	45
Total	390	166

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por fim, a série histórica mostra um aumento muito significativo de casos nos anos 2015 e 2016 nos municípios atingidos (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Pele – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.4.2 Riscos relativos

A partir do modelo (1), foram estimados os coeficientes do modelo linear, os quais representam os riscos expressos como variação percentual. A Tabela 39 mostra os valores dos coeficientes para o agravo “Doenças de pele”.

Tabela 39 – Coeficientes obtidos a partir do modelo (1)

	Média	DP	IC 95%
Atingidos			
Pele pré-2015	0,179	0,383	0,005184
Pele pós-2015	0,174	0,379	0,005126
Comparação			
Pele pré-2015	0,113	0,317	0,004289
Pele pós-2015	0,069	0,254	0,00343

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A Tabela 40 mostra os riscos relativos (RR), expressos como a razão dos coeficientes do modelo (1) entre atingidos e controles, e os riscos atribuíveis (RA), expressos como a diferença entre os valores dos coeficientes do modelo (1).

Tabela 40 – Variação percentual dos riscos

Agravo	RR	IC 95%	RA	IC 95%
Pele	57,72 ⁺	5,34	6,55 ⁺	0,67
Pele pós-2015	77,12 ⁺	7,09	5,33 ⁺	0,56

⁺Variação estatisticamente significativa a nível de 5%

*Por exemplo, RR = 57,72 significa 57,72% de risco adicional para atingidos

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.5 Saúde mental

4.5.1 Variáveis descritivas

Das 19.356 respostas, 2.305 resultaram em respostas afirmativas para diagnóstico de doenças mentais, o que corresponde a 11,9% desta população, independentemente do momento em que o diagnóstico foi realizado (Tabela 41).

Tabela 41 – Comparativa de números de casos totais

Saúde mental – Quem – Total	
Não	17.051
Sim	2.305
Total	19.356

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Quando comparados os municípios atingidos e de comparação observa-se que 54,14% dos diagnósticos de agravos à saúde mental foram em municípios atingidos e 45,85% em municípios de comparação. Estes valores são significativamente diferentes entre si (*Chi-quadrado* = 11,5157e *p*-valor 0,00069. O resultado indica um *p* valor significativo $p < 0,0005$).

Tabela 42 – Comparativa de números de casos totais atingidos e comparação

Saúde mental – Quem – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Não	8.590	8.461
Sim	1.248	1.057
Total	9.838	9.518

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Ao analisar a temporalidade dos casos entre municípios atingidos e de comparação, pode-se observar um aumento dos casos de agravos à saúde mental em municípios atingidos e de comparação, no período compreendido entre 2016 e 2022 (Tabela 43 e Gráfico 11). Este aumento de casos é equivalente em atingidos e grupos de comparação (2,79 e 2,62 vezes nos municípios atingidos e de comparação, respectivamente).

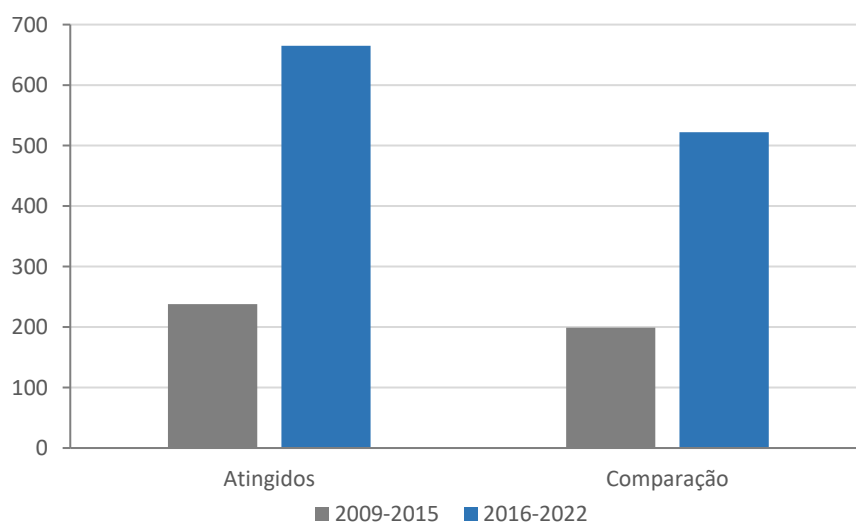
Tabela 43 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da Barragem

Saúde mental – Quando Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
1970-2008	246	251
2009-2015	238	199
2016-2022	665	522
Total	1149	972

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

O Gráfico 11, a seguir, representa as variações dos casos de câncer relatados, em igual período de tempo, na população atingida e de comparação.

Gráfico 11 – Saúde mental – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.5.1.1 Análise territorial

A análise geográfica considerando os diferentes estratos, i.e. “margem”, “até 2 km”, “mais de 2 km” e o “litoral” (margem e resto), na comparação entre municípios atingidos e comparação, mostra um gradiente de casos que diminui em relação à distância ao rio. Os casos registrados na margem correspondem a 64,5 e 60,15% dos casos respectivos para atingidos e controles.

Tabela 44 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial

Saúde mental – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Margem	429	314
2 km	97	36
> 2 km	73	58
Litoral margem	29	36
Litoral resto	37	78
Total	665	522

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por outra parte, uma segunda categoria de análises territorial, comparando os casos registrados de doenças de saúde mental nas diversas regiões do Rio Doce (“Rio Alto”, “Região do Vale do Aço”, “Rio Médio” e “Rio Baixo”), mostra um maior número de casos no Rio Médio, representando 38,23% e 33,57%, para atingidos e controles, respectivamente.

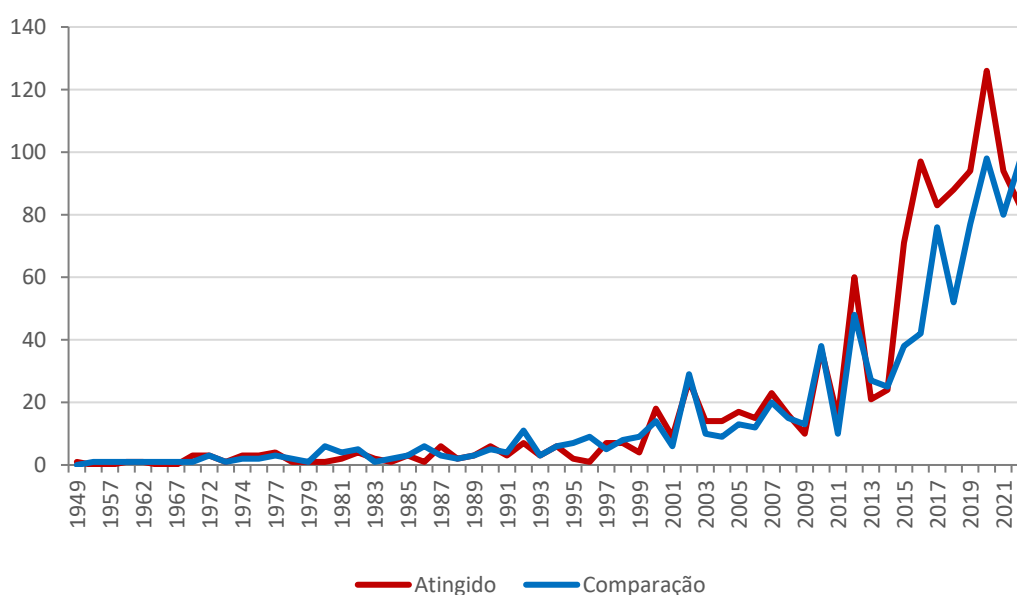
Tabela 45 – Comparativa de números de casos totais, para atingidos e de comparação, depois do rompimento da barragem, recorte territorial

Saúde mental – Onde (2016 a 2022) – Atingidos/Comparação		
	Atingidos	Comparação
Rio Alto	102	73
Vale do Aço	96	68
Rio Médio	229	137
Rio Baixo	172	130
Total	599	408

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Por fim, a série histórica mostra um aumento de casos a partir de 2015 tanto nos municípios atingidos e de comparação, porém com um maior número de casos nos municípios atingidos (Gráfico 12).

Gráfico 12 – Saúde mental – Série histórica de casos totais, para atingidos e de comparação, antes e depois do rompimento da barragem



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

4.5.2 Riscos relativos

A partir do modelo 1, foram estimados os coeficientes do modelo linear, os quais representam os riscos expressos como variação percentual. A Tabela 46 mostra os valores dos coeficientes para o agravo “Saúde mental”.

Tabela 46 – Coeficientes obtidos a partir do modelo 1

	Média	DP	IC 95%
Atingidos			
Saúde mental pré-2015	0,262	0,440	0,005946
Saúde mental pós-2015	0,174	0,379	0,005126
Comparação			
Saúde mental pré-2015	0,216	0,411	0,005565
Saúde mental pós-2015	0,131	0,338	0,004567

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A Tabela 47 mostra os riscos relativos (RR), expressos como a razão dos coeficientes do modelo (1) entre atingidos e controles, e os riscos atribuíveis (RA), expressos como a diferença entre os valores dos coeficientes do modelo (1).

Tabela 47 – Variação percentual dos riscos

Agravo	RR	IC 95%	RA	IC 95%
Saúde mental pré-2015	21,30 ⁺	3,61	4,60 ⁺	0,81
Saúde mental pós-2015	32,47 ⁺	4,89	4,26 ⁺	0,69

⁺Variação estatisticamente significativa a nível de 5%

^{*}Por exemplo, RR = 5,84 significa 5,84% de risco adicional para atingidos

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

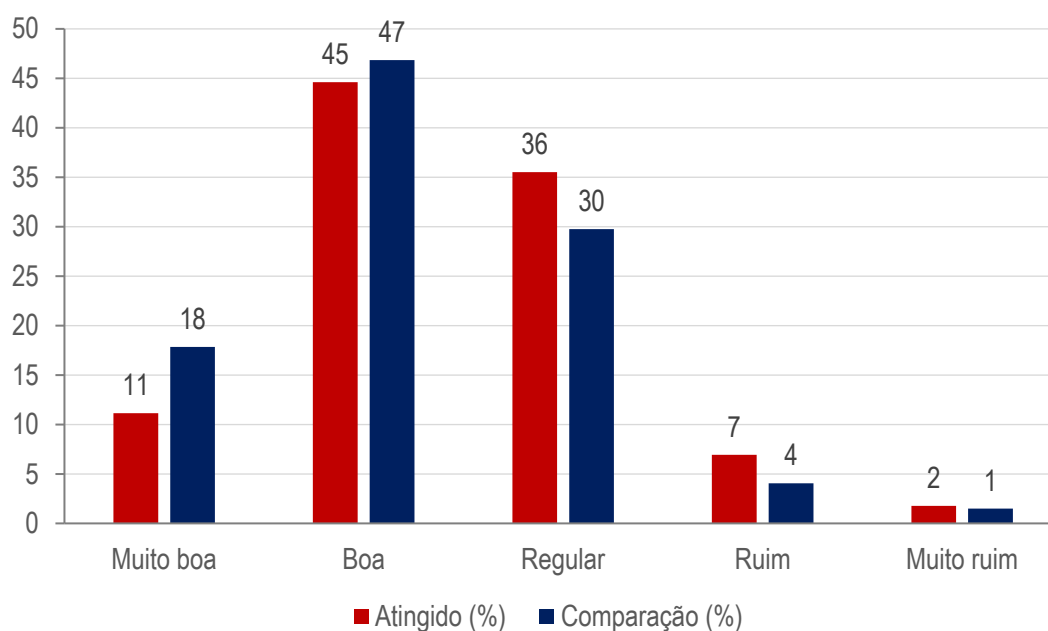
4.5.2.1 Análises por recortes territoriais

Tabela 48 – Qualidade da saúde

Qualidade da saúde					
	Atingido	Atingido (%)	Comparação	Comparação (%)	Total geral
Muito boa	408	11	646	18	1.065
Boa	1.633	45	1.695	47	3.373
Regular	1.300	36	1.077	30	2.413
Ruim	254	7	147	4	408
Muito ruim	65	2	54	1	121
Total	3.660	100	3.619	100	7379

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Gráfico 13 – Qualidade da saúde



Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A seguir, as Tabelas 49 e 50 mostram os casos reportados para as diferentes doenças e agravos analisados, classificados por região geográfica em relação ao Rio Doce e o oceano Atlântico e o estrato considerado (ver Figura 1): Rio Alto (região compreendida entre os municípios de Mariana e a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves entre os municípios de Rio Doce e Santa Cruz de Escalvado), estratos A, E1 e E5, Região do Vale do Aço (compreendida entre as Usinas Hidrelétricas Risoleta Neves e Baguari no

município de Governador Valadares), estratos B, E2 e E6, Rio Médio (compreendida entre a Usina de Baguari e as usinas hidrelétricas de Aimorés e Mascarenhas na divisa entre Minas Gerais e Espírito Santo), Rio Baixo (entre Mascarenhas e a foz do Rio Doce), estratos C, E3 e E7 e Litoral (tanto norte como sul, compreendido entre os municípios de Conceição da Barra ao norte e Serra ao sul), estratos F1.1, F1.2, F2.1 e F2.2.

Tabela 49 – Número de respostas afirmativas sobre a existência das doenças nos grupos de doenças analisados, para atingidos e grupo de comparação, discriminadas por região do rio, no período entre 2016 a 2022 (7 anos pós-rompimento da Barragem de Fundão)

2016-2022													
Região	Estrato	Câncer		Renal		Digestivo		Respiratório		Saúde mental		Pele	
		Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação
Rio Alto	A E1 E5	17	14	52	68	56	74	99	90	102	73	42	26
Vale do Aço	B E2 E6	19	15	88	53	94	59	85	70	96	68	82	35
Rio Médio	C E3 E7	40	26	208	81	220	81	234	122	229	137	172	60
Rio Baixo	D E4 E8	31	29	88	85	100	89	141	116	172	130	94	45
Litoral	F1.1 a F2.2	22	15	61	64	65	66	85	126	66	114	37	53

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Tabela 50 – Número de respostas afirmativas sobre a existência das doenças nos grupos de doenças analisados, para atingidos e grupo de comparação, discriminadas por região do rio, no período entre 2009 a 2015 (7 anos pré-rompimento da Barragem de Fundão)

(2009-2015)													
Região	Estrato	Câncer		Renal		Digestivo		Respiratório		Saúde mental		Pele	
		Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação
Rio Alto	A E1 E5	6	7	27	37	27	39	66	51	30	31	23	15
Vale do Aço	B E2 E6	7	8	35	26	35	26	64	39	34	34	32	11
Rio Médio	C E3 E7	21	11	54	30	56	36	91	67	89	43	89	24
Rio Baixo	D E4 E8	7	9	38	40	38	40	64	66	52	54	32	21
Litoral	F1.1 a F2.2	4	12	26	34	26	36	53	43	33	37	15	9

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A razão das prevalências registradas depois e antes do rompimento da Barragem de Fundão indica um aumento dos casos de todos os agravos analisados tanto na população de municípios atingidos quanto nos municípios de comparação (resultados apresentados na Tabela 51). Se bem que existem diferenças substanciais na magnitude dessas variações entre atingidos e controles, existem também diferenças que indicam que as populações ao longo do rio se encontram expostas diferencialmente a fatores potencialmente tóxicos que determinam a maior prevalência de algumas doenças.

Tabela 51 – Razão dos casos registrados depois e antes do rompimento da barragem (por igual período de tempo de 7 anos) para atingidos e controles, por região relativa ao Rio Doce [casos depois/ casos antes]

Doença	Câncer		Renal		Digestivo		Respiratório		Saúde mental		Pele	
Região	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação
Rio Alto	2,83	2,00	1,93	1,84	2,07	1,90	1,50	1,76	3,40	2,35	1,83	1,73
Vale do Aço	2,71	1,88	2,51	2,04	2,69	2,27	1,33	1,79	2,82	2,00	2,56	3,18
Rio Médio	1,90	2,36	3,85	2,70	3,93	2,25	2,57	1,82	2,57	3,19	1,93	2,50
Rio Baixo	4,43	3,22	2,32	2,13	2,63	2,23	2,20	1,76	3,31	2,41	2,94	2,14
Litoral	5,50	1,25	2,35	1,88	2,50	1,83	1,60	2,93	2,00	3,08	2,47	5,89

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

A razão de casos entre [Atingidos/Comparação], considerando as diferenças pré e pós-rompimento apresentada na tabela a seguir (Tabela 52), mostra um aumento expressivo dos casos de câncer no litoral (Razão entre atingidos e controles de 4,40).

Tabela 52 – Razão dos casos registrados depois do rompimento da barragem e antes (por igual período de tempo de 7 anos) para atingidos e controles, por região relativa ao Rio Doce

Atingidos/Comparação						
	Câncer	Renal	Digestivo	Respiratório	Saúde mental	Pele
Rio Alto	1,42	1,05	1,09	0,85	1,44	1,05
Vale do Aço	1,45	1,23	1,18	0,74	1,41	0,81
Rio Médio	0,81	1,43	1,75	1,41	0,81	0,77
Rio Baixo	1,37	1,09	1,18	1,25	1,37	1,37
Litoral	4,40	0,53	1,25	0,75	1,36	1,14

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Uma vez que estamos comparando os resultados de respostas positivas para os diferentes grupos de doenças analisados na amostra de atingidos e de controles é possível inferir a partir dos dados que as doenças analisadas não têm um comportamento homogêneo. Não há um padrão de adoecimento ao longo da bacia e do litoral e isto sugere a existência de contaminantes diferentes ou de vias de exposição diferentes aos contaminantes presentes nas águas e na lama. Para o câncer, existe aumento dos casos em todas as regiões, menos no rio médio, com um aumento muito expressivo na região do litoral. As doenças relacionadas com os aparelhos digestivo e renal apresentam aumento nos atingidos menos expressivos. Já as doenças respiratórias, ao contrário do esperado, não apresentam aumento Rio Alto, e sim na região do Rio Médio e Baixo. A saúde mental se encontra aumentada nos atingidos em relação aos municípios de comparação após o rompimento, em todas as regiões, menos no Rio Médio. Por fim, os problemas de pele estão aumentados no Baixo Rio e Região Litorânea.

Por estrato: margem, 2 km, > 2 km, litoral.

Tabela 53 – Recorte territorial – Saúde estratos – Atingidos e de comparação

Recorte territorial – Saúde estratos																	
Atingidos																	
	A	B	C	D	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	Total Geral
Boa	238	117	263	264	57	32	43	49	55	85	39	51	88	79	60	113	1.633
Muito boa	68	19	77	62	12	5	8	7	15	26	9	7	20	27	15	31	408
Muito ruim	4	4	20	16	-	-	-	2	-	3	-	-	2	9	4	1	65
Regular	177	106	221	228	30	30	36	41	34	68	25	39	59	67	61	78	1.300
Ruim	19	18	57	59	5	7	6	14	6	12	7	3	10	13	7	11	254
Total geral	506	264	638	629	104	74	93	113	110	194	80	100	179	195	147	234	3660
Comparação																	
	A	B	C	D	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	Total Geral
Boa	181	125	298	313	44	40	44	54	59	87	32	45	98	89	70	116	1.695
Muito boa	78	26	105	113	19	14	16	24	27	29	13	10	42	47	25	58	646
Muito ruim	5	1	9	11	1	1	3	1	-	4	2	1	1	3	3	8	54
Regular	127	81	200	178	32	24	24	40	17	71	23	40	51	57	34	78	1.077
Ruim	19	9	23	27	5	3	2	3	4	5	5	5	5	11	8	13	147
Total geral	410	242	635	642	101	82	89	122	107	196	75	101	197	207	140	273	3.619

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

Tabela 54 – Qualidade de saúde segundo os respondentes (atingidos e controles) nos diferentes estratos estudados

Qualidade da saúde – Pergunta aberta										
	Muito boa		Boa		Regular		Ruim		Muito ruim	
Estrato	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação	Atingidos	Comparação
Margem	226	322	882	917	732	586	153	78	44	26
2 km	32	73	181	182	137	120	32	13	2	6
> 2 km	57	79	230	223	166	151	28	19	3	7
Litoral adjacente margem	47	89	167	187	126	108	23	16	11	4
Litoral adjacente resto	46	83	173	186	139	112	18	21	5	11

Fonte: Elaboração própria (2022), sobre dados Science/FGV 2022.

5 DISCUSSÃO

No caso da avaliação de impactos à saúde do rompimento da Barragem de Fundão aqui apresentado, as condições de exposição ambiental às quais os habitantes dos municípios atingidos ficaram e ainda continuam expostos são de naturezas múltiplas, complexas e persistentes no tempo, dada a magnitude deste desastre e a ausência de ações para reparar os danos provocados até o momento, adicionada assim uma nova camada de complexidade à já complexa situação provocada pelo rompimento da barragem.

Experimentar um desastre de grandes dimensões configura um fator de exposição potencialmente relacionado ao adoecimento por uma série de agravos, como amplamente se encontra demonstrado na literatura científica disponível (SAULNIER et al., 2017²⁰; MACHADO DE FREITAS et al., 2019²¹; AHERN et al., 2005²²; XAVIER et al., 2014²³). Um estudo recente encontrou “perdas catastróficas para os indivíduos atingidos estudados no município de Mariana, pois 74% relataram prejuízos à saúde após o rompimento da barragem” (ANDRADE, 2021²⁴). Por outro lado, no caso específico do rompimento da Barragem de Fundão, a composição da lama, produto de rejeitos de mineração de Ferro e a mobilização de elementos presentes nas calhas dos rios afetados expôs os atingidos a elementos potencialmente tóxicos que ainda não tem sido totalmente caracterizados. Segundo parecer dos Institutos Lactec, tanto na calha do Rio Doce quanto a região marinha-estuarina da foz do Rio doce, há uma importante mobilização e contribuição da pluma de rejeitos na contaminação de cursos de águas, sedimento, solo e biota local, por metais e semimetais, associados à atividade histórica de mineração (INSTITUTO LACTEC, 2019a). Além disso, embora existam evidências da sedimentação e do acúmulo do material em suspensão no fundo dos rios, estes materiais podem ser ressuspensos e disponibilizados na coluna d’água,

²⁰ SAULNIER, D. D.; BROLIN, Ribacke K.; VON SCHREEB, J. No Calm After the Storm: a Systematic Review of Human Health Following Flood and Storm Disasters. **Prehosp Disaster Med.**, v. 32, n. 5, 2017, p. 568-579.

²¹ MACHADO DE FREITAS, Carlos; BARCELLOS, Christovam; HELLER, Léo; LUZ, Zélia Maria Profeta da. Mining Dam Disasters: Lessons From the Past For Reducing Current and Future Risks. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 28(1), e20180120. Epub April 08, 2019. <https://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742019000100020>.

²² AHERN, M.; KOVATS, R. Sari; WILKINSON, Paul; FEW, Roger; MATTHIES, Franziska. Global Health Impacts of Floods: Epidemiologic Evidence, **Epidemiologic Reviews**, v. 27, Issue 1, July 2005.

²³ XAVIER, D. R.; BARCELLOS, C.; FREITAS, C. M. Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação. **Ambient Soc** [Internet], 2014.

²⁴ ANDRADE, M. A. et al. Estimation of Health-Related Quality of Life Losses Owing to a Technological Disaster in Brazil Using EQ-5D-3L: A Cross-Sectional Study. **Value in Health Regional Issues**, v. 26, 2021, p. 66-74.

desencadeando, conseqüentemente, alterações significativas na qualidade da água, biogeoquímica de sedimentos, bioacumulação e efeitos de toxicidade para a biota local e até mesmo para a população humana por longos períodos de tempo. Os impactos relacionados à contaminação e exposição por metais pesados em toda a bacia e região estuarina do Rio Doce não estão apenas relacionados ao potencial tóxico direto de contaminação, mas também, e sobretudo, aos efeitos de biomagnificação no ecossistema, sendo as conseqüências da exposição passíveis de serem evidenciadas a curto, médio e longo prazo como demonstrado por diversos trabalhos (IBAMA, 2015²⁵; FERNANDES et al., 2016²⁶; FERNANDES et al., 2009²⁷; UERJ, 2016²⁸; HATJE et al., 2017²⁹; IBAMA, 2016³⁰; ICMBio, 2016³¹, SEGURA et al., 2016³², MUNIZ e OLIVEIRA-FILHO, 2006³³).

Neste relatório, foram apresentados os resultados da pesquisa domiciliar participativa (PDP), planejada pela equipe de economia da FGV, que tinha por objetivo principal a realização de um diagnóstico socioeconômico a partir das narrativas de uma amostra de atingidos, investigadas através de um questionário padronizado.

²⁵ INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DE RECURSO NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Laudo Técnico Preliminar: Impactos Ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da Barragem do Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** Nov. 2015.

²⁶ FERNANDES, G. W. et al. Deep Into the Mud: Ecological and Socioeconomic Impacts of the Dam Breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, 2016, p. 35-45.

²⁷ FERNANDES, V. O.; CAVATI, B.; SOUZA, B. D. A.; MACHADO, R. G.; COSTA, A. G. **Lagoa Mãe-Bá (Guarapari-Anchieta, ES): um ecossistema com potencial de floração de cianobactérias?** *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 2, 2009, p. 366-381.

²⁸ UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). **Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA, para o evento de 5-6 de janeiro 2016**, 2016.

²⁹ HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A., REZENDE, C. A., et al. The Environmental Impacts of one of the Largest Tailing Dam Failures Worldwide. **Scientific Reports** | 7: 10706, 2017.

³⁰ 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.

Parecer técnico sobre os resultados obtidos das coletas de amostras de água, na região da foz do Rio Doce, no período de 22/11/15 a 01/01/16. 2016.

³¹ INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Relatório de avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação — 1ª Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEPISUL/ICMBio (28 de abril de 2016).** Equipe de Pesquisa Universidade Federal do Rio Grande — FURG/Coral Vivo. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 28 abr. 2016d.

³² SEGURA, F. R. Potential Risks of the Residue From Samarco's Mine Dam Burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution**, v. 218, 2016.

³³ MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente.** *Universitas: Ciências da Saúde*, v. 4, n. 1/2, 2006, p. 83-100.

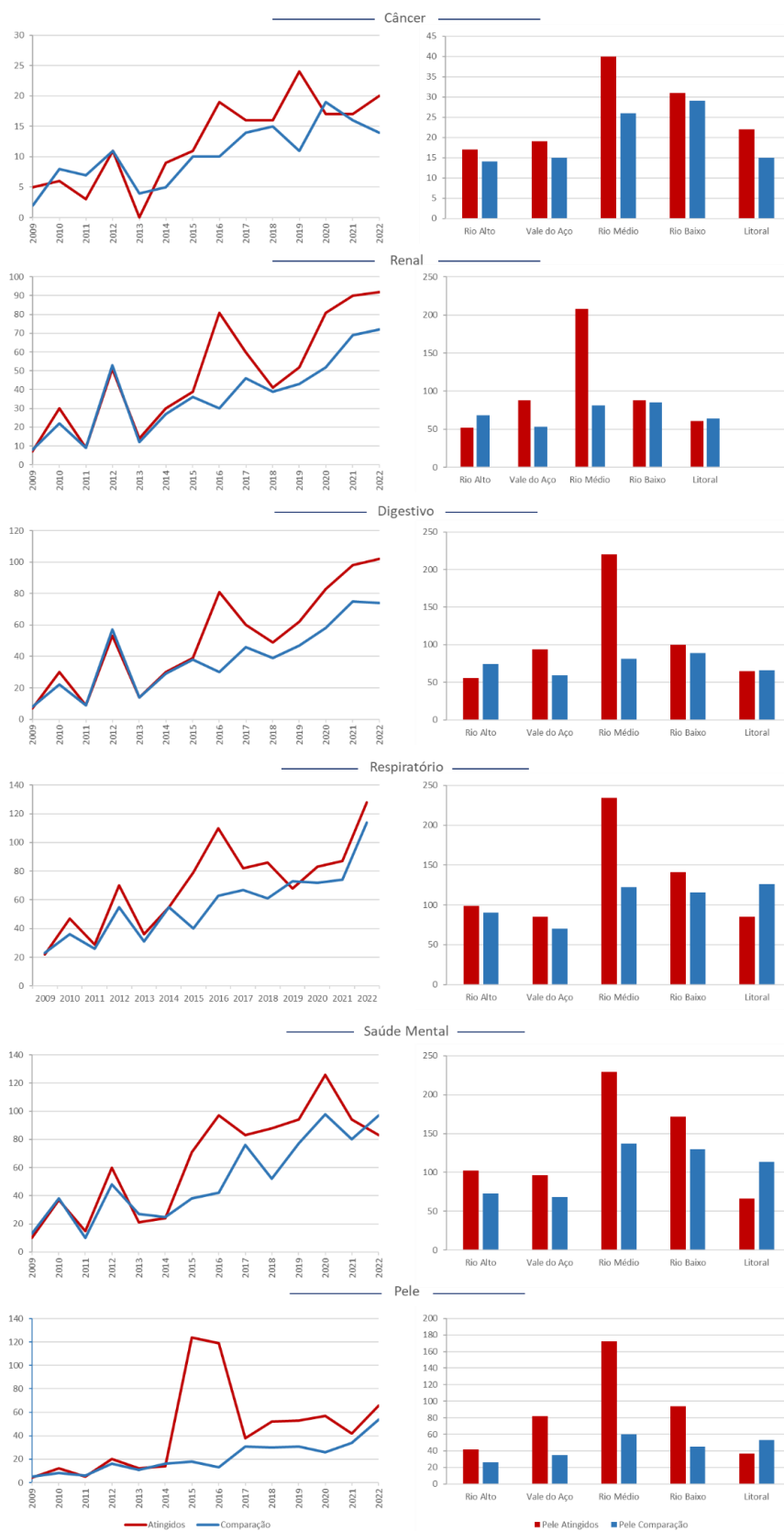
Fica claro a partir da análise dos resultados que, como panorama geral, a população de atingidos pelo desastre, avaliada em uma amostra representativa de todos os atingidos, adoeceu no período após novembro de 2015. Agravos como cânceres, doenças renais, doenças do aparelho digestório, do aparelho respiratório, de pele e de saúde mental apresentam indícios inequívocos de maior incidência em atingidos que em controles e maior incidência após o desastre em relação ao período anterior ao desastre. Além disso, a própria percepção sobre sua saúde em geral, por parte dos atingidos, demonstrou uma pior qualidade de vida dos atingidos em razão dos diversos agravos a que foram acometidos.

Particularmente, observando as séries temporais para todos os agravos, observa-se um aumento de casos em 2016 (Gráfico14).

Outro aspecto interessante a se considerar foi o claro gradiente de gravidade dos atingidos na dependência de sua morada em relação ao Rio Doce e do Litoral (Tabela 55). Os voluntários que habitam a margem do rio e da costa do Espírito Santo apresentaram incidências dos agravos estudados significativamente maiores que os habitantes de regiões mais distantes das margens, com um claro gradiente decrescente de gravidade.

Algumas limitações desse estudo devem, entretanto, ser apontadas; a principal delas é o viés recordatório. Assim, é de se esperar que os atingidos, pelo fato de terem sido atingidos pelo desastre, tenham uma capacidade recordatória de seus problemas de saúde anteriormente ao desastre, maior que os indivíduos de controle.

Gráfico 14 – Resumo dos principais achados da análise da situação de saúde nos territórios atingidos a partir da PDP



Elaboração própria (2022).

Tabela 55 – Tabela resumo dos principais achados da análise da situação de saúde nos territórios atingidos a partir da PDP

	Câncer	Renal *	Gastrointestinal *	Respiratório	Pele	Saúde mental
Doença na população						
% Doença geral	2,05%	9,37%	9,77%	15,95%	6,41%	11,90%
% Atingidos	53	54,2	54,2	53	64,2	54,14
% Comparação	47	45,8	45,8	47	35,7	45,85
Significância	Não significativo p>0,5	Significativo p<0,005		Significativo p<0,05		
Temporalidade: [pós/pré]						
Veze a mais no pós-atingidos	2,9	2,8	2,9	1,9	2,2	2,8
Veze a mais no pós-comparação	2,1	1,5	2,1	1,9	2,7	2,6
Território						
Estratos atingidos	margem	margem	margem	margem	margem	margem
Estratos comparação	margem	margem	margem	margem	margem	margem
Significância	Não significativo p>0,5	Não significativo p>0,5		Significativo p<0,05	Significativo p<0,5	Não significativo
Região atingidos	Rio Médio: 37,4%	Rio Médio: 47,7	Rio Médio: 47,7	Rio Médio: 41,8	Rio Médio: 44,1	Rio Médio: 38,2
Região comparação	Rio Médio: 30,9%	Rio Médio: 28,2	Rio Baixo: 29,6	Rio Médio: 30,6	Rio Médio: 36,1	Rio Médio: 31,8
Riscos						
Razão de Riscos (RR) (% de risco adicional)	2,39%	27,67		5,84	57,72	21,3
RR Câncer no pós-2015	22,9	55,86		12,83	77,12	32,47
Significância	Significativo a nível de 5%	Significativo a nível de 5%		Significativo a nível de 5%	Significativo a nível de 5%	Significativo a nível de 5%
Risco Atribuível (RA)	0,12	5,62		1,91	6,55	4,6
RA no pós-2015	0,64	5,81		2,18	5,33	4,26
Significância	Não significativo p>0,5	Significativo a nível de 5%		Significativo a nível de 5%	Significativo a nível de 5%	Significativo a nível de 5%

* As análises de risco para os grupos de doenças gastrointestinal e renal foram analisados conjuntamente

Elaboração própria (2022).

REFERÊNCIAS

AHERN, M.; KOVATS, R. Sari; WILKINSON, Paul; FEW, Roger; MATTHIES, Franziska. **Global Health Impacts of Floods: Epidemiologic Evidence**, Epidemiologic Reviews, v. 27, Issue 1, July 2005.

ANDRADE, M. A. et al. Estimation of Health-Related Quality of Life Losses Owing to a Technological Disaster in Brazil Using EQ-5D-3L: A Cross-Sectional Study. **Value in Health Regional Issues**, v. 26, 2021, p. 66-74.

BRACKBILL, R. M.; HADLER, J. L.; DIGRANDE, L.; EKENGA, C. C.; FARFEL, M. R.; FRIEDMAN, S.; PERLMAN, S. E.; STELLMAN, S. D.; WALKER, D. J.; Wu D.; Yu. S.; Thorpe, L. E. **Asthma and Posttraumatic Stress Symptoms 5 to 6 Years Following Exposure to the World Trade Center Terrorist Attack**. JAMA. 2009.

FERNANDES, V. O.; CAVATI, B.; SOUZA, B. D. A.; MACHADO, R. G.; COSTA, A. G. Lagoa Mãe-Bá (Guarapari-Anchieta, ES): Um ecossistema com potencial de floração de cianobactérias? **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, 2009, p. 366-381.

FERNANDES, G. W. et al. Deep Into the Mud: Ecological and Socioeconomic Impacts of the Dam Breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, 2016, p. 35-45.

_____.; GOULART, F. F.; RANIERI, B. D.; COELHO, M. S.; DALES, K.; BOESCHE, N.; BUSTAMANTE, M.; CARVALHO, F. A.; CARVALHO, D. C.; DIRZO, R.; FERNANDES, S.; GALETTI Jr., P. M.; MILLAN, V. E. G.; MIELKE, C.; RAMIREZ, J. L.; NEVES, A.; ROGASS, C.; RIBEIRO, S. P.; SCARIOT, A.; SOARES-FILHO, B. Deep Into the Mud: Ecological and Socioeconomic Impacts of the Dam Breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, 2016, p. 35-45.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Parâmetros e Subsídios para a Reparação dos Danos Socioeconômicos nos Territórios de Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado e Chopotó**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2020m. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/rosa-fortini-parametros-e-subsidios-para-a-reparacao-dos-danos-socioeconomicos_parte-1.pdf>.

_____. **Diagnóstico de Saúde para os Municípios Atingidos pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Análise de Dados dos Sistemas de Informação em Saúde do DATASUS: SIA e SINAN – Volume 1**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2021e.

_____. **Diagnóstico em Saúde dos Municípios Atingidos pelo Rompimento da Barragem de Fundão, Mariana (MG), em 5 de Novembro de 2015: Estimativa de Anos de Vida Perdidos por Incapacitação**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2021l.

_____. **Diagnóstico Socioeconômico e Avaliação de Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão a partir da Pesquisa Domiciliar Participativa**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2022x.

HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A.; REZENDE, C. A. et al. The Environmental Impacts of One of the Largest Tailing Dam Failures Worldwide. **Scientific Reports** | 7: 10706, 2017.

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. Parecer técnico sobre os resultados

obtidos das coletas de amostras de água, na região da foz do Rio Doce, no período de 22/11/15 a 1/1/16, 2016.

IBAMA. **Parecer técnico sobre os resultados obtidos das coletas de amostras de água na região da foz do Rio Doce**, no período de 22/11/15 a 1/1/16, 2016. Disponível em: <www.ibama.gov.br/phocadownload/noticiasambientais/laudotecnico preliminar.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2016.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Relatório de avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação – 1ª Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEPISUL/ICMBio** (28 de abril de 2016). Equipe de Pesquisa Universidade Federal do Rio Grande – FURG/Coral Vivo. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 28 abr. 2016d.

MACHADO DE FREITAS, Carlos; BARCELLOS, Christovam; HELLER, Léo; LUZ, Zélia Maria Profeta da. Mining Dam Disasters: Lessons From the Past for Reducing Current and Future Risks. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 28(1), e20180120. Epub April 8, 2019. <https://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742019000100020>.

MALILAY, J.; HEUMANN, M.; PERROTTA, D.; WOLKIN, A. F.; SCHNALL, A. H.; PODGORNIK, M. N.; CRUZ, M. A.; HORNEY, J. A.; ZANE, D.; ROISMAN, R.; GREENSPAN, J. R.; THOROUGHMAN, D.; ANDERSON, H. A.; WELLS, E. V.; SIMMS, E. F. The Role of Applied Epidemiology Methods in the Disaster Management Cycle. **Am J Public Health**. 2014 nov; 104(11):2092-102. DOI: 10.2105/AJPH.2014.302010. Epub 2014 sep 11. PMID: 25211748; PMCID: PMC4202981.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente**. Universitas: Ciências da Saúde, v. 4, n. 1/2, 2006, p. 83-100.

NOJI, E. K.; TOOLE, M. J. The Historical Development of Public Health Responses to Disaster. **Disasters**. 1997 dec.; 21(4):366-76. DOI: 10.1111/1467-7717.00068. PMID: 9455008.

ROUQUAYROL, M. Z.; GOLDBAUM, M. Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças. In ROUQUAYROL, Maria Zélia; ALMEIDA FILHO, Naomar de. **Epidemiologia & Saúde**. Rio de Janeiro: MEDSI, 2003.

SAULNIER, D. D.; BROLIN, Ribacke K.; VON SCHREEB, J. No Calm After the Storm: a Systematic Review of Human Health Following Flood and Storm Disasters. **Prehosp Disaster Med.**, v. 32, n. 5, 2017, p. 568-579.

SCIENCE (Sociedade para o Desenvolvimento da Pesquisa Científica). SILVA, P. L. do N.; VASCONCELLOS, M. T. L. 1A - **Nota Técnica do Plano Amostral. Planejamento amostral para a Pesquisa Domiciliar Participativa (PDP) do Projeto Rio Doce, da Fundação Getúlio Vargas**. São Paulo, 2022.

SEGURA, F. R. **Potential Risks of the Residue From Samarco's Mine Dam Burst (Bento Rodrigues, Brazil)**. Environmental Pollution 218, 2016.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). **Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA, para o evento de 5-6 de janeiro 2016**, 2016.

XAVIER, D. R.; BARCELLOS, C.; FREITAS, C. M. Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação. **Ambient Soc** [Internet], 2014.

APÊNDICE A – Lista de Municípios atingidos e de comparação utilizados na PDP

Tabela 1 – Municípios atingidos com setores da amostra da PDP

ordem	cod_uf	cod_município	nome_do_município	n_setores_amostra
1	ES	3200607	Aracruz	12
2	ES	3200805	Baixo Guandu	11
3	ES	3201506	Colatina	53
4	ES	3201605	Conceição da Barra	14
5	ES	3202207	Fundão	5
6	ES	3203205	Linhares	38
7	ES	3203353	Marilândia	2
8	ES	3204906	São Mateus	30
9	ES	3205002	Serra	39
10	MG	3101102	Aimorés	5
11	MG	3101805	Alpercata	2
12	MG	3105707	Barra Longa	15
13	MG	3106309	Belo Oriente	9
14	MG	3107802	Bom Jesus do Galho	1
15	MG	3109253	Bugre	3
16	MG	3113404	Caratinga	6
17	MG	3118403	Conselheiro Pena	6
18	MG	3120003	Córrego Novo	1
19	MG	3121803	Dionísio	1
20	MG	3125804	Fernandes Tourinho	2
21	MG	3127305	Galileia	4
22	MG	3127701	Governador Valadares	69
23	MG	3129301	Iapu	4
24	MG	3131158	Ipaba	6
25	MG	3131307	Ipatinga	15
26	MG	3134103	Itueta	1
27	MG	3140001	Mariana	41
28	MG	3140308	Marlândia	2
29	MG	3144359	Naque	3
30	MG	3149952	Periquito	4
31	MG	3150539	Pingo-D'água	1
32	MG	3152105	Ponte Nova	11

ordem	cod_uf	cod_município	nome_do_município	n_setores amostra
33	MG	3154002	Raul Soares	4
34	MG	3154309	Resplendor	9
35	MG	3154903	Rio Casca	5
36	MG	3155009	Rio Doce	5
37	MG	3157401	Santa Cruz do Escalvado	6
38	MG	3158953	Santana do Paraíso	7
39	MG	3161007	São Domingos do Prata	1
40	MG	3163409	São José do Goiabal	4
41	MG	3164001	São Pedro dos Ferros	1
42	MG	3165560	Sem-Peixe	5
43	MG	3167707	Sobralia	2
44	MG	3168705	Timóteo	2
45	MG	3169505	Tumiritinga	6

Fonte: Elaboração própria (2022).

Tabela 2 – Municípios comparação com setores da amostra da PDP

Ordem	Cod_uf	Cod_município	Nome_do_município	N_setores amostra
1	BA	2900801	Alcobaça	2
2	BA	2903409	Belmonte	3
3	BA	2905602	Camacan	1
4	BA	2906303	Canavieiras	5
5	BA	2906907	Caravelas	1
6	BA	2910404	Encruzilhada	1
7	BA	2915809	Itambé	1
8	BA	2919702	Macarani	1
9	BA	2922003	Mucuri	5
10	BA	2923001	Nova Viçosa	3
11	BA	2925303	Porto Seguro	5
12	BA	2925501	Prado	4
13	BA	2927705	Santa Cruz Cabrália	2
14	BA	2933307	Vitória da Conquista	1
15	ES	3200102	Afonso Cláudio	10
16	ES	3200136	Águia Branca	1
17	ES	3200409	Anchieta	3
18	ES	3201159	Brejetuba	1
19	ES	3202405	Guarapari	8
20	ES	3202702	Itaguaçu	3

Ordem	Cod_uf	Cod_município	Nome_do_município	N_setores_amostra
21	ES	3202801	Itapemirim	2
22	ES	3202900	Itarana	2
23	ES	3203163	Laranja da Terra	2
24	ES	3203320	Marataízes	3
25	ES	3204203	Piúma	3
26	ES	3204302	Presidente Kennedy	1
27	ES	3204351	Rio Bananal	1
28	ES	3204658	São Domingos do Norte	1
29	ES	3204708	São Gabriel da Palha	5
30	ES	3205010	Sooretama	1
31	ES	3205200	Vila Velha	34
32	ES	3205309	Vitória	10
33	MG	3100302	Abre Campo	2
34	MG	3100500	Açucena	4
35	MG	3100807	Aguanil	1
36	MG	3101003	Águas Vermelhas	1
37	MG	3101201	Aiuruoca	2
38	MG	3101706	Almenara	7
39	MG	3102100	Alto Rio Doce	1
40	MG	3103009	Antônio Dias	2
41	MG	3105400	Barão de Cocais	2
42	MG	3106200	Belo Horizonte	19
43	MG	3107307	Bocaiúva	1
44	MG	3108701	Brás Pires	1
45	MG	3108800	Braúnas	1
46	MG	3110202	Cajuri	1
47	MG	3112802	Capitólio	1
48	MG	3113503	Carbonita	1
49	MG	3115102	Cássia	1
50	MG	3117504	Conceição do Mato Dentro	1
51	MG	3119203	Coroaci	5
52	MG	3119401	Coronel Fabriciano	18
53	MG	3120201	Cristais	1
54	MG	3120904	Curvelo	1
55	MG	3121209	Delfinópolis	1
56	MG	3121258	Delta	2
57	MG	3121605	Diamantina	5
58	MG	3121704	Diogo de Vasconcelos	1
59	MG	3122504	Dom Cavati	2

Ordem	Cod_uf	Cod_município	Nome_do_município	N_setores_amostra
60	MG	3124005	Ervália	2
61	MG	3125903	Ferros	7
62	MG	3126901	Frei Inocência	1
63	MG	3127206	Funilândia	2
64	MG	3128006	Guanhães	3
65	MG	3128204	Guaraciaba	3
66	MG	3130002	Ibituruna	1
67	MG	3130408	Ijaci	1
68	MG	3130903	Inhapim	14
69	MG	3131208	Ipanema	3
70	MG	3131703	Itabira	2
71	MG	3131901	Itabirito	2
72	MG	3132701	Itambacuri	1
73	MG	3133402	Itapagipe	1
74	MG	3134608	Jaboticatubas	5
75	MG	3134707	Jacinto	2
76	MG	3135506	Jequeri	5
77	MG	3135803	Jequitinhonha	2
78	MG	3136108	Joanésia	1
79	MG	3136207	João Monlevade	3
80	MG	3137601	Lagoa Santa	5
81	MG	3138203	Lavras	5
82	MG	3139409	Manhuaçu	17
83	MG	3140902	Matipó	1
84	MG	3141108	Matozinhos	1
85	MG	3141702	Mesquita	1
86	MG	3144201	Nacip Raydan	1
87	MG	3144607	Nepomuceno	1
88	MG	3144706	Nova Era	8
89	MG	3144805	Nova Lima	2
90	MG	3145901	Ouro Branco	2
91	MG	3146107	Ouro Preto	1
92	MG	3147907	Passos	10
93	MG	3148608	Peçanha	7
94	MG	3149309	Pedro Leopoldo	1
95	MG	3149903	Perdões	3
96	MG	3150802	Piranga	5
97	MG	3151909	Pocrane	3
98	MG	3152303	Porto Firme	2

Ordem	Cod_uf	Cod_município	Nome_do_município	N_setores_amostra
99	MG	3153905	Raposos	6
100	MG	3154150	Reduto	3
101	MG	3154705	Ribeirão Vermelho	2
102	MG	3154804	Rio Acima	1
103	MG	3155207	Rio Espera	1
104	MG	3156700	Sabará	20
105	MG	3156809	Sabinópolis	1
106	MG	3156908	Sacramento	2
107	MG	3157203	Santa Bárbara	8
108	MG	3157252	Santa Bárbara do Leste	1
109	MG	3157500	Santa Efigênia de Minas	1
110	MG	3157807	Santa Luzia	17
111	MG	3158201	Santa Maria do Suaçuí	1
112	MG	3158508	Santana de Pirapama	1
113	MG	3158904	Santana do Manhuaçu	1
114	MG	3159100	Santana dos Montes	1
115	MG	3159357	Santa Rita de Minas	3
116	MG	3161601	São Geraldo da Piedade	1
117	MG	3161908	São Gonçalo do Rio Abaixo	2
118	MG	3162203	São João Batista do Glória	1
119	MG	3162948	São José da Barra	1
120	MG	3163805	São Miguel do Anta	1
121	MG	3164100	São Pedro do Suaçuí	2
122	MG	3165701	Senador Firmino	1
123	MG	3166402	Seritinga	1
124	MG	3166501	Serra Azul De Minas	2
125	MG	3167004	Serranos	1
126	MG	3167103	Serro	1
127	MG	3168408	Tarumirim	4
128	MG	3169703	Turmalina	1
129	MG	3170057	Ubaporanga	2
130	MG	3170107	Uberaba	1
131	MG	3170800	Várzea da Palma	2
132	MG	3171303	Viçosa	17
133	MG	3171808	Virginópolis	1
134	MG	3171907	Virgolândia	1
135	RJ	3304755	São Francisco de Itabapoana	7
136	RJ	3305000	São João da Barra	5

Fonte: Elaboração própria (2022).