

ARTIGO ORIGINAL



Perfil laboratorial após rompimento de barragem de mineração: resultados do Projeto Saúde Brumadinho

Laboratory profile after mining dam breach: Brumadinho Health Project results

Chams Bicalho Maluf^I , Fabiano de Almeida Brito^I , Taysná César Simões^{II} , Sérgio Viana Peixoto^{II,III} , Pedro Guatimosim Vidigal^{II} 

^IUniversidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina – Belo Horizonte (MG), Brasil.

^{II}Fundação Oswaldo Cruz, Instituto René Rachou – Belo Horizonte (MG), Brasil.

^{III}Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Enfermagem – Belo Horizonte (MG), Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar alterações em parâmetros laboratoriais na população do Projeto Saúde Brumadinho, segundo exposição ao rompimento da barragem. **Métodos:** Estudo transversal realizado em amostra representativa de residentes (≥ 12 anos) em Brumadinho, Minas Gerais, incluindo: não expostos (grupo referência); diretamente atingidos pela lama de rejeitos; e residentes em área de mineração. Foram estimadas as prevalências de resultados alterados de hemograma, colesterol total, colesterol lipoproteína de alta densidade (HDL), colesterol lipoproteína de baixa densidade (LDL), triglicérides, aspartato aminotransferase, alanina aminotransferase, creatinina, ureia, estimativa da taxa de filtração glomerular (TFGe) e proteína C-reativa ultrasensível (PCRus). As razões de prevalência (RP) e os intervalos de confiança de 95% (IC95%) de ter o exame alterado foram estimados por meio de modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade Poisson. Estimaram-se modelos brutos e ajustados por faixa etária, sexo, diabetes, índice de massa corporal, tabagismo, hipertensão. **Resultados:** Após ajustes, não se observou diferença nas RP entre as populações estudadas para a maioria dos testes, com exceção da população residente em área com atividade de mineração e não diretamente atingida pela lama, com menor chance de ter colesterol total alterado (RP=0,84; IC95% 0,74–0,95) e maior chance de ter colesterol HDL (RP=1,26; IC95% 1,07–1,50) e PCRus (RP=1,19; IC95% 1,04–1,37) alterado e TFGe<60 mL/min/1,73 m² (RP=1,51; IC95% 1,05–2,19). **Conclusão:** Não foram encontradas diferenças significativas na prevalência de alterações bioquímicas e hematológicas entre a população diretamente exposta aos rejeitos e a população não exposta. Apenas o grupo residente em área de mineração apresentou maior prevalência de alterações relacionadas com dislipidemia, disfunção renal e inflamação.

Palavras-chaves: Desastres provocados pelo homem. Mineração. Testes laboratoriais. Brasil.

AUTOR CORRESPONDENTE: Pedro Guatimosim Vidigal. Avenida Professor Alfredo Balena, 190, sala 403, Santa Efigênia, CEP: 30130-100, Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: pedrovidigal@ufmg.br

CONFLITO DE INTERESSES: nada a declarar

COMO CITAR ESSE ARTIGO: Maluf CB, Brito FA, Simões TC, Peixoto SV, Vidigal PG. Perfil laboratorial após rompimento de barragem de mineração: resultados do Projeto Saúde Brumadinho. Rev Bras Epidemiol. 2022; 25:e220013.supl.2. <https://doi.org/10.1590/1980-549720220013.supl.2.1>

EDITOR CIENTÍFICO: Antonio Fernando Boing 

ESTE DOCUMENTO POSSUI UMA ERRATA: <https://doi.org/10.1590/1980-549720220013.supl.2.1erratum>

Esse é um artigo aberto distribuído sob licença CC-BY 4.0, que permite cópia e redistribuição do material em qualquer formato e para qualquer fim desde que mantidos os créditos de autoria e de publicação original.

Recebido em: 18/07/2022; Revisado em: 02/09/2022; Aceito em: 05/09/2022; Corrigido em: 13/09/2024.



INTRODUÇÃO

Desastres causados pelo homem, como desastres tecnológicos (químicos e radioativos) ou naturais, como inundações, secas e deslizamentos, podem gerar impactos humanos, ambientais ou materiais de curto, médio ou longo prazo¹.

Desastres com barragens de mineração já foram reportados em todo o mundo², mas no Brasil, especificamente no estado de Minas Gerais, recentemente ocorreram dois grandes eventos desse tipo³⁻⁵. Um desastre de grande magnitude ocorreu em 25 de janeiro de 2019, com o rompimento da barragem de rejeitos da mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., em Brumadinho, Minas Gerais, atingindo considerável extensão territorial e ocasionando dezenas de óbitos e desaparecidos. Cerca de 12 milhões m³ de rejeitos úmidos de minério de ferro vazaram e percorreram o leito do Ribeirão Ferro-Carvão, atingindo o Rio Paraopeba, seguindo em direção ao Rio São Francisco⁶.

Consequências diversas estão associadas aos desastres, como o aumento da incidência de doenças cardiovasculares, respiratórias e de obesidade, além de transtornos mentais, maior consumo de álcool, tabaco e outras drogas⁷⁻⁹.

Identificar e avaliar os impactos na saúde da população do entorno desses desastres são importantes e incluem, além da contaminação do ambiente, os desfechos desfavoráveis para a saúde física e mental, além de possível desestabilização econômica¹⁰. A produção desse conhecimento é essencial para o planejamento de ações preventivas e para o enfrentamento de possíveis novos eventos, reduzindo o impacto sobre as populações atingidas¹¹. Avaliar parâmetros laboratoriais selecionados pode contribuir para a identificação de alterações precoces ou tardias na saúde e produzir evidências importantes sobre os impactos nas condições de saúde dessas populações.

O presente trabalho pretendeu avaliar a existência de alterações hematológicas, na função renal, na função hepática, no metabolismo de carboidratos, no perfil lipídico e na inflamação por meio de testes laboratoriais realizados em três grupos diferentes de moradores de Brumadinho em relação à exposição:

- População não exposta, considerada não atingida diretamente pelo rompimento da barragem ou não residente em área com mineração ativa;
- População diretamente atingida pela lama de rejeitos;
- População residente em área com atividade de mineração e que não foi diretamente atingida pela lama.

MÉTODOS

População

O Projeto Saúde Brumadinho é um estudo de coorte prospectivo iniciado em 2021, coordenado pela Fundação

Oswaldo Cruz de Minas Gerais (Fiocruz Minas) em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com o objetivo de avaliar as condições de vida e saúde de residentes no município de Brumadinho.

O plano de amostragem da pesquisa foi desenhado para representar a população residente no município de Brumadinho com 12 anos ou mais de idade, em três domínios de estimação, formados por grupos diferentes de moradores em relação à exposição:

- População não atingida diretamente pelo rompimento da barragem ou não residente em área com mineração ativa, considerada população não exposta ou referência (n=1.562);
- População diretamente atingida pela lama de rejeitos ou pela água do Rio Paraopeba, contaminado pela lama, residente nas áreas no momento da pesquisa ou no momento do rompimento da barragem — Córrego do Feijão/Parque da Cachoeira/Pires (n=981);
- Moradores da região com atividade de mineração e que não foram diretamente atingidos pela lama — Tejuco (n=537).

Esse delineamento envolveu uma amostra aleatória dos domicílios existentes na região não diretamente atingida, além de um censo nos dois outros domínios, permitindo que fosse estimada uma amostra representativa da população do município. Nos domicílios selecionados, todos os residentes na faixa etária considerada foram convidados a integrar a pesquisa, e houve a participação de 86,4% dos elegíveis.

O Projeto Saúde Brumadinho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Fiocruz Minas (20814719.5.0000.5091), e todos os participantes concordaram em fornecer as informações para o estudo pela assinatura dos termos de consentimento (adultos) ou assentimento (adolescentes).

Variáveis

A coleta de material biológico ocorreu no domicílio do participante entre 7 e 15 h, sem a necessidade de jejum, entre setembro e novembro de 2021. Foram coletados de cada participante dois tubos de sangue, um contendo gel separador e ativador de coágulo, sem anticoagulante, com capacidade para 5 mL, e outro, ácido etilenodiamino tetra-acético dipotássico (EDTA K2) com capacidade para 4 mL, para obtenção de soro e sangue total, respectivamente. As amostras foram armazenadas em caixas térmicas com gelo reutilizável e mantidas em temperatura de 4-8°C por período máximo de 24 h até serem analisadas. Amostras que permaneceram fora dos parâmetros de temperatura estabelecidos foram rejeitadas. Alguns participantes não tiveram todos os exames realizados por causa do volume insuficiente de amostra.

Os testes laboratoriais foram realizados pelo laboratório da Associação Fundo de Incentivo à Pesquisa (AFIP — Me-

dicina Diagnóstica), utilizando métodos amplamente validados e incluíram hemograma, hemoglobina glicada (HbA_{1c}), colesterol total (cTotal), colesterol lipoproteína de alta densidade (cHDL), colesterol lipoproteína de baixa densidade (cLDL), triglicérides (TG), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), creatinina, ureia e proteína C-reativa ultrasensível (PCRus). A taxa de filtração glomerular (TFGe) foi estimada pela equação Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) 2021¹². O laboratório apresenta certificação de acreditação com excelência III da Organização Nacional de Acreditação (ONA)¹³.

Os testes tiveram precisão monitorada diariamente pelo uso de controles próprios e/ou controles comerciais, seguindo o preconizado pela legislação vigente¹⁴. Sistemas reagentes, métodos, coeficientes de variação analíticos dos controles e valores e intervalos de referência utilizados estão disponíveis em material suplementar (Tabela S1 e S2). Resultados diferentes dos intervalos ou valores de referência foram considerados alterados, definindo, assim, os desfechos dessa análise.

Informações dos participantes, incluindo sexo, idade, peso, altura, tabagismo, diabetes *mellitus* (DM) e hipertensão, foram obtidas por meio dos questionários.

DM foi definida como doença autorreferida e/ou HbA_{1c} $\geq 6,5\%$, e hipertensão, pelo relato de diagnóstico médico prévio para essa condição. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se o peso (kg) pela altura (metros) ao quadrado, com base nas medidas autorreferidas, e categorizado em normal (≤ 25 kg/m²), sobrepeso (>25 kg/m² e <30 kg/m²) e obesidade (≥ 30 kg/m²). Tabagismo foi categorizado em nunca fumou, ex-fumante e fumante atual. A idade foi categorizada nas seguintes faixas etárias: 12 a 17 anos, 18 a 59 anos e ≥ 60 anos.

Análise estatística

A princípio, a amostra foi caracterizada segundo variáveis sociodemográficas e comportamentais e diagnóstico de doenças crônicas, sendo as diferenças testadas pelo teste de Rao-Scott¹⁵. Os resultados dos testes laboratoriais foram descritos com base nas suas distribuições contínuas, por meio das medidas sumárias, da mediana e da amplitude interquartilica (1º quartil–3º quartil), para os grupos populacionais, e na estratificação por sexo e faixa etária. As diferenças entre os grupos foram testadas segundo o teste de Kruskal-Wallis¹⁶.

As prevalências de exames alterados foram estimadas segundo região de estudo, sexo e faixa etária, e as diferenças testadas por Rao-Scott. As razões de prevalência (RP) e os intervalos de confiança de 95% (IC95%) de ter o exame alterado também foram estimados, por meio de modelos lineares generalizados com distribuição de probabilidade Poisson¹⁷. Como variáveis de ajuste, foram utilizados faixa etária, sexo, DM, IMC, tabagismo e hipertensão. Para cada exame, a estratégia de modelagem consistiu inicialmente no ajuste de modelos univariados (modelo 1=sem ajuste)

e, na sequência, no de modelos múltiplos com entrada encadeada de variáveis de ajuste, que são fatores pré-analíticos que sabidamente influenciam os resultados dos testes analisados (modelo 2=modelo 1 ajustado por faixa etária e sexo; modelo 3=modelo 2+DM; modelo 4=modelo 3+IMC+tabagismo+hipertensão).

Todas as estimativas pontuais e intervalares, os testes de diferenças de proporções e os modelos de regressão consideraram os pesos amostrais e correção para efeito de desenho, por intermédio do pacote *survey*¹⁸ do software estatístico R¹⁹.

RESULTADOS

Dos 3.080 indivíduos amostrados no estudo, 2.782 participantes (90,3%) tiveram resultados de pelo menos um exame laboratorial. Conforme a Tabela 1, a população estudada apresentou predomínio de indivíduos do sexo feminino (56,6%), da faixa etária de 18–59 anos (64,8%), que nunca fumaram (68%) e com sobrepeso ou obesidade (54,4%). A prevalência de alteração nos níveis séricos de cTotal, cHDL, cLDL e TG foi de 54, 26,5, 30,6 e 39,3%, respectivamente. Cerca de um quarto da população total apresentou anemia, e um terço, alteração de PCRus (Tabela 1).

Na avaliação da distribuição dos exames laboratoriais, segundo o sexo e diferentes faixas etárias — adolescente (12 a 17 anos), adulto (18 a 59 anos) e idoso (60 anos ou mais) —, foi observado que, para a maioria dos parâmetros analisados, não existe diferença entre as três populações estudadas; as diferenças ocorreram para o perfil lipídico, TFGe e PCRus (Tabelas S4 e S5).

Na avaliação da prevalência de alterações de parâmetros bioquímicos (Tabela S6) e hematológicos (Tabela S7), segundo o estrato geográfico, a faixa etária e o sexo, foi constatado que mulheres na faixa de 18 a 59 anos da população considerada não atingida diretamente pelo rompimento da barragem apresentaram maior prevalência de cTotal aumentado (57,9%) e de cLDL aumentado (33,7%) (Tabela S6). A prevalência de PCRus elevada foi maior na população de moradores da região que se localiza em área com atividade de mineração, na faixa etária de 60 anos ou mais e de ambos os sexos (Tabela S6). Não houve diferença na prevalência de alterações hematológicas entre os três estratos populacionais, exceto para eosinófilos em mulheres da faixa etária de 12 a 17 anos (Tabela S7).

As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados dos modelos brutos e ajustados para a associação entre os parâmetros alterados e a região de residência. Verificaram-se as RP e os IC95% estimados para residentes em região diretamente atingida pela lama e residentes em comunidade com atividade de mineração ativa, em comparação à população não exposta. Não se observou diferença entre as RP ajustadas para os resultados dos exames hematológicos entre os três estratos populacionais (Tabela 2 e Tabela S8). De acordo com a Tabela 3, na população de morado-

res da área com atividade de mineração, a prevalência de cTotal alterado foi menor (RP=0,83; IC95% 0,74–0,94), e de cHDL alterado (RP=1,31; IC95% 1,12–1,54), PCRus alterado (RP=1,26; IC95% 1,09–1,44) e TFGe <60 mL/min/1,73 m² (RP=1,50; IC95% 1,04–2,16) foi maior, quando ajustados por faixa etária, sexo e DM (modelo 3).

Esses achados persistiram após ajuste adicional com IMC, hipertensão e tabagismo (modelo 4) para as variáveis cTotal e cHDL, TFGe <60 mL/min/1,73 m² e PCRus (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Neste estudo foram medidos parâmetros laboratoriais que avaliam a função renal, a função hepática, o metabolismo de carboidratos, o perfil lipídico, a inflamação e a con-

tagem de células sanguíneas, em estratos da população da região de Brumadinho. Os resultados mostraram que a população diretamente atingida pela lama de rejeitos ou pela água do Rio Paraopeba contaminada pela lama não apresentou diferença significativa da prevalência de resultados alterados dos testes laboratoriais, quando comparada com a população não exposta, independentemente dos ajustes realizados. Por outro lado, a população de moradores da região que se localiza em área com atividade de mineração apresentou maior prevalência de cHDL baixo, PCRus elevada e TFGe diminuída (<60 mL/min/1,73 m²) quando comparada com a população não exposta.

Os dados analisados no presente estudo não nos permitem concluir a respeito desse instigante achado, porém, considerando que essa população não foi atingida direta-

Tabela 1. Caracterização demográfica, clínica e prevalência de resultados de exames alterados da população total e de acordo com os diferentes estratos geográficos. Projeto Saúde Brumadinho (2022)*.

Variáveis	População total n=3.080 (IC95%)	Não atingida diretamente n=1.562 (IC95%)	Diretamente atingida n=981 (IC95%)	Em atividade de mineração n=537 (IC95%)	Valor-p [†]	Missings
Sexo						
Masculino	43,35 (41,10–46)	43,16 (40,79–45,54)	48,27 (46,05–50,48)	45,09 (41,99–48,18)	0,006	
Feminino	56,65 (54,40–59)	56,84 (54,46–59,21)	51,73 (49,52–53,95)	54,91 (51,82–58,01)		
Faixa etária (anos)						
12 a 17	6,75 (5,40–8)	6,54 (4,97–8,11)	10,18 (8,25–12,11)	12,31 (9,43–15,19)	<0,001	
18 a 59	64,79 (61,70–68)	64,51 (61,35–67,67)	69,41 (66,35–72,48)	72,58 (68,69–76,47)		
60+	28,46 (25,40–32)	28,95 (25,68–32,21)	20,40 (17,32–23,49)	15,11 (11,39–18,83)		
Diabetes	14,01 (12,10–16)	14,06 (12,10–16)	11,18 (9,08–14)	16,45 (13,10–20)	0,102	300
Hipertensão	28,16 (25,60–31)	28,20 (25,50–31)	27,96 (25,20–31)	26,39 (22,60–31)	0,749	3
IMC						
Normal	45,58 (42,50–49)	45,67 (42,50–49)	46,56 (43,20–50)	38,19 (33,70–43)	0,003	272
Sobrepeso	36,59 (33,90–39)	36,73 (33,90–40)	31,69 (28,80–35)	37,32 (33–42)		
Obesidade	17,83 (15,50–20)	17,60 (15,20–20)	21,75 (18,90–25)	24,50 (20,50–29)		
Tabagismo						
Nunca fumou	68 (64,80–71)	67,81 (64,40–71)	70,77 (67,40–74)	74,10 (69,80–78)	0,009	4
Ex-fumante	16,65 (14,60–19)	16,88 (14,70–19)	13,40 (11,30–16)	9,65 (7,38–13)		
Fumante	15,35 (13,20–18)	15,32 (13,10–18)	15,83 (13,30–19)	16,25 (13–20)		
Colesterol total	53,97 (50,80–57)	54,31 (51,03–57,60)	49,31 (45,90–52,72)	43,58 (38,92–48,24)	<0,001	299
Colesterol HDL	26,49 (23,80–29)	26,15 (23,26–29,04)	30,24 (27,07–33,41)	38,39 (33,91–42,87)	<0,001	299
Colesterol LDL	30,63 (27,70–34)	30,81 (27,67–33,96)	27,69 (24,73–30,64)	25,69 (21,55–29,84)	0,075	407
Triglicérides	39,32 (36,10–43)	39,34 (35,86–42,82)	36,83 (33,37–40,30)	42,78 (38,01–47,54)	0,302	299
Creatinina	8,06 (6,59–10)	8,05 (6,37–9,73)	6,95 (5,25–8,66)	10,44 (7,60–13,28)	0,217	298
Ureia	14,96 (13–17)	14,97 (12,77–17,17)	14,04 (11,67–16,42)	16,16 (12,87–19,46)	0,681	299
HbA _{1c}	24,83 (22,20–28)	24,89 (22,08–27,70)	22,07 (19,22–24,91)	26,66 (22,38–30,95)	0,284	318
AST	6,27 (5,03–8)	6,22 (4,79–7,66)	7,30 (5,63–8,96)	6,93 (4,66–9,19)	0,514	298
ALT	11,14 (9,54–13)	11,02 (9,22–12,81)	14,13 (11,86–16,41)	12,21 (9,46–14,96)	0,066	298
PCRus	33,75 (30,90–37)	33,56 (30,53–36,60)	35,11 (32,12–38,11)	41,72 (36,99–46,45)	0,017	298
Eritrócitos	6,56 (5,22–8)	6,52 (4,96–8,08)	7,39 (5,67–9,11)	7,54 (5,23–9,86)	0,557	488
Hemoglobina	25,13 (22,40–28)	25,04 (22,11–27,98)	25,64 (22,65–28,63)	29,10 (24,92–33,28)	0,304	488
Hematócrito	27,47 (24,80–30)	27,38 (24,51–30,24)	28,60 (25,48–31,73)	30,54 (26,17–34,90)	0,421	488
Leucócitos totais	11,01 (9,19–13)	11,10 (9,03–13,17)	8,98 (7,09–10,87)	9,78 (7,05–12,52)	0,245	488

*a prevalência de resultados de exames alterados dos tipos de leucócito se encontra em material suplementar (Tabela S3); †teste de independência de Rao-Scott; IC95%: intervalo de confiança de 95%; IMC: índice de massa corpórea; HDL: lipoproteína de alta densidade; LDL: lipoproteína de baixa densidade; HbA_{1c}: hemoglobina glicada; AST: aspartato aminotransferase; ALT: alanina aminotransferase; PCRus: proteína C-reativa ultrasensível.

mente pelo rompimento da barragem, mas reside em área com mineração ativa, é possível supor que as alterações nos resultados dos testes laboratoriais possam ter sido observadas por conta do contato prolongado com a atividade de mineração. Indivíduos que trabalham por longos períodos em um ambiente de mineração têm maior risco de desenvolverem doenças crônicas como hipertensão arterial, sobrepeso/obesidade, dislipidemia e glicemia elevada²⁰. Adicionalmente, estudos demonstram que não só a exposição aguda, mas também a exposição prolongada a concentrações de alguns metais pesados e essenciais, pode provocar danos em vários órgãos e tecidos humanos^{21,22}.

Ao analisarmos os resultados dos testes laboratoriais do conjunto da população de Brumadinho, observou-se maior prevalência de resultados alterados para alguns testes laboratoriais em comparação aos de outras populações, indicando maior prevalência de anemia, dislipidemia, disfunção renal e inflamação. A prevalência de cTotal elevado (>200 mg/dL) e hipertrigliceridemia (TG >175 mg/dL) foi de 53,9 (IC95% 50,8–57) e 39,3% (IC95% 36,1–43), respectivamente. Esses valores são maiores do que aqueles encontrados em estudos na população adulta brasileira, cuja prevalência de cTotal elevado é de 32,7% e de hipertrigliceridemia de 21%²³⁻²⁵.

A prevalência de creatinina elevada (>1,3 mg/dL entre homens e >1,02 mg/dL entre mulheres) na população total analisada foi de 8,1% (IC95% 6,6–10), sendo maior do

que os valores apontados em inquéritos populacionais em duas cidades brasileiras, com prevalências variando entre 3,13 e 3,46%²⁶. A prevalência de anemia (hemoglobina <13,5 g/dL entre homens e <12 g/dL entre mulheres) foi

Tabela 3. Razões de prevalência de resultados de exames laboratoriais alterados segundo estratos geográficos ajustados por diferentes modelos considerando a população não atingida diretamente como referência. Projeto Saúde Brumadinho (2022).

Exames	Modelos	Diretamente atingida RP (IC95%)	Em atividade de mineração RP (IC95%)
Colesterol total	1 ^a	0,91 (0,83–1)	0,80 (0,71–0,91)
	2 ^b	0,93 (0,85–1,02)	0,82 (0,73–0,93)
	3 ^c	0,93 (0,84–1,02)	0,83 (0,74–0,94)
	4 ^d	0,92 (0,84–1,02)	0,84 (0,74–0,95)
Colesterol HDL	1 ^a	1,16 (0,99–1,35)	1,47 (1,25–1,72)
	2 ^b	1,07 (0,91–1,24)	1,34 (1,14–1,57)
	3 ^c	1,07 (0,92–1,25)	1,31 (1,12–1,54)
	4 ^d	1,09 (0,93–1,27)	1,26 (1,07–1,50)
Colesterol LDL	1 ^a	0,90 (0,78–1,04)	0,83 (0,69–1,01)
	2 ^b	0,89 (0,77–1,03)	0,81 (0,67–0,98)
	3 ^c	0,88 (0,75–1,03)	0,83 (0,68–1,01)
	4 ^d	0,88 (0,75–1,03)	0,83 (0,68–1,02)
Triglicérides	1 ^a	0,94 (0,82–1,07)	1,09 (0,94–1,25)
	2 ^b	0,94 (0,82–1,07)	1,10 (0,95–1,27)
	3 ^c	0,94 (0,82–1,06)	1,08 (0,93–1,24)
	4 ^d	0,94 (0,82–1,06)	1,02 (0,89–1,18)
TFGe60	1 ^a	0,74 (0,52–1,06)	1,09 (0,73–1,61)
	2 ^b	0,95 (0,68–1,34)	1,68 (1,16–2,36)
	3 ^c	0,96 (0,69–1,34)	1,50 (1,04–2,16)
	4 ^d	0,79 (0,55–1,13)	1,51 (1,05–2,19)
Ureia	1 ^a	0,94 (0,75–1,17)	1,08 (0,84–1,39)
	2 ^b	0,97 (0,78–1,22)	1,15 (0,89–1,48)
	3 ^c	0,98 (0,78–1,23)	1,12 (0,87–1,45)
	4 ^d	0,95 (0,75–1,20)	1,14 (0,84–1,54)
ALT	1 ^a	1,17 (0,85–1,62)	1,11 (0,75–1,66)
	2 ^b	1,06 (0,77–1,46)	1 (0,67–1,50)
	3 ^c	1,06 (0,77–1,46)	0,94 (0,63–1,42)
	4 ^d	1,05 (0,76–1,45)	0,92 (0,61–1,40)
AST	1 ^a	1,28 (1,02–1,61)	1,11 (0,84–1,46)
	2 ^b	1,24 (0,99–1,55)	1,10 (0,83–1,45)
	3 ^c	1,24 (0,99–1,55)	1,10 (0,83–1,45)
	4 ^d	1,18 (0,93–1,49)	1 (0,75–1,34)
PCRus	1 ^a	1,05 (0,92–1,18)	1,24 (1,08–1,44)
	2 ^b	1,10 (0,97–1,24)	1,29 (1,11–1,48)
	3 ^c	1,10 (0,97–1,24)	1,26 (1,09–1,44)
	4 ^d	1,04 (0,92–1,18)	1,19 (1,04–1,37)

RP: razão de prevalência; IC95%: intervalo de confiança de 95%; HDL: lipoproteína de alta densidade; LDL: lipoproteína de baixa densidade; TFGe60: taxa de filtração glomerular com valor de referência >60 mL/min/1,73 m²; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; PCRus: proteína C-reativa ultrasensível; ^amodelo 1: sem ajuste; ^bmodelo 2: ajustado por faixa etária e sexo; ^cmodelo 3: modelo2+diabetes mellitus; ^dmodelo 4: modelo 3+índice de massa corporal+tabagismo+hipertensão.

Tabela 2. Razões de prevalência de resultados de exames hematológicos alterados segundo estratos geográficos ajustados por diferentes modelos considerando a população não atingida diretamente como referência. Projeto Saúde Brumadinho (2022)*.

Exames	Modelos	Diretamente atingida RP (IC95%)	Em atividade de mineração RP (IC95%)
Eritrócitos	1 ^a	1,13 (0,81–1,58)	1,16 (0,78–1,71)
	2 ^b	1,03 (0,74–1,43)	1,09 (0,75–1,60)
	3 ^c	1,08 (0,78–1,49)	1,19 (0,81–1,74)
Hemoglobina	1 ^a	1,02 (0,87–1,21)	1,16 (0,97–1,40)
	2 ^b	0,99 (0,84–1,17)	1,14 (0,95–1,38)
	3 ^c	1,01 (0,86–1,19)	1,17 (0,97–1,41)
Hematócrito	1 ^a	1,04 (0,90–1,22)	1,12 (0,93–1,33)
	2 ^b	1,06 (0,91–1,23)	1,13 (0,94–1,34)
	3 ^c	1,07 (0,92–1,25)	1,14 (0,95–1,36)
Leucócitos totais	1 ^a	0,81 (0,61–1,07)	0,88 (0,63–1,23)
	2 ^b	0,81 (0,61–1,08)	0,88 (0,63–1,24)
	3 ^c	0,81 (0,61–1,09)	0,89 (0,63–1,26)
Plaquetas	1 ^a	0,92 (0,65–1,31)	0,69 (0,44–1,10)
	2 ^b	0,91 (0,64–1,30)	0,69 (0,43–1,09)
	3 ^c	0,91 (0,64–1,30)	0,69 (0,43–1,10)

*as razões de prevalências de resultados alterados das contagens dos tipos de leucócito se encontram em material suplementar (Tabela S8); IC95%: intervalo de confiança de 95%; RP: razão de prevalência; ^amodelo 1: sem ajuste; ^bmodelo 2: ajustado por sexo; ^cmodelo 3: ajustado por faixa etária e sexo;

de 25,1% (IC95% 22,4–28) na população total de Brumadinho e é maior do que a prevalência de 9,9% observada em brasileiros com idade acima de 18 anos²⁷. Por fim, a prevalência de PCRus elevada ($\geq 0,3$ mg/dL) foi de 33,75% (IC95% 30,9–37). A PCRus é um marcador de inflamação, e valores aumentados são verificados em doenças como DM, obesidade, síndrome metabólica, aterosclerose e estão associados com maior risco de doença cardiovascular e morte^{28,29}.

Em conjunto, esses achados podem estar relacionados com a atividade de mineração, que é intensa em todo o município de Brumadinho, já que a exposição aguda ou crônica a concentrações de alguns metais pesados e essenciais, presentes na atividade de mineração, pode provocar danos em vários órgãos e tecidos humanos, como anemia, leucopenia, lesão hepática e renal, disfunção endotelial, entre outros^{22,23}.

Por outro lado, sabe-se que desastres têm impacto direto na saúde, incluindo desequilíbrio do sistema autônomo, distúrbios hemodinâmicos, ativação do sistema simpático e renina angiotensina, estresse oxidativo, além de inflamação e aterosclerose, o que pode ser explicado, pelo menos em parte, pela exposição a material particulado e substâncias nocivas. Após desastres naturais, frequências aumentadas de transtorno de estresse pós-traumático, depressão e outros transtornos mentais têm sido relatadas⁸⁻¹⁰. Os desastres também estão relacionados ao aumento da hipertensão, aumento do IMC, tabagismo, abuso de álcool, glicemia elevada, dietas ricas em sódio e piora do nível socioeconômico⁷⁻⁹. Além disso, ocorrem comprometimento da infraestrutura e menor acesso aos serviços públicos de saúde, o que pode contribuir para piorar as condições de saúde da população atingida¹¹.

De todo modo, os dados analisados no presente estudo não nos permitem afirmar a causa da maior prevalência das alterações laboratoriais, visto que anemia, dislipidemia, disfunção renal e inflamação podem ocorrer em diversas condições. O acompanhamento longitudinal dessa população poderá oferecer informações mais acuradas para justificar esse achado.

Entre as limitações do presente estudo, ressalta-se sua natureza seccional, que não propicia estabelecer relações temporais entre as variáveis investigadas. Os testes foram realizados em 90,3% dos participantes do estudo. Além disso, pela ausência de informações anteriores ao desastre, não é possível entender o impacto desse evento para os valores aqui descritos. Por fim, os exames foram realizados dois anos e meio após o rompimento da barragem, e ainda não sabemos o tempo necessário a essa exposição para possíveis alterações nesses parâmetros.

Por outro lado, trata-se do primeiro estudo de base populacional conduzido em região que sofreu um desastre desse porte, que vai constituir a linha de base de uma coorte. A identificação de fatores de risco associados ao desenvolvimento de anemia, dislipidemia, inflamação subclínica e TFGe diminuída, especialmente nos indivíduos

provenientes da área com atividade de mineração, pode fornecer subsídios para a identificação precoce de doenças e risco aumentado de adoecimento, devendo-se avaliar a proposição de medidas de saúde pública que visem atenuar esses fatores de risco. Os resultados do presente estudo servirão como referência para a avaliação longitudinal da condição de saúde dos habitantes dos diferentes estratos geográficos do município de Brumadinho, mais especificamente o desenvolvimento de agravos que podem estar relacionados às atividades de mineração, à exposição aos rejeitos de lama de mineração ou ao desastre *per se*.

REFERÊNCIAS

1. Freitas CM, Silva EL, Silva IVM, Mazoto ML, Silva MA, Alpino TMA, et al. Guia de preparação e respostas do setor saúde aos desastres. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2018.
2. Tableau Public. Acidentes em barragens de mineradoras de 2000 a 2015. [Internet] 2015 [acessado em 28 jun. 2022]. Disponível em: <https://public.tableau.com/profile/keucosta#!/vizhome/Acidentesemrepresasderejeito/Dashboard1>
3. Escola Superior Dom Helder Câmara. O rompimento de barragens no Brasil e no mundo: desastres mistos ou tecnológicos? [Internet] 2015 [acessado em 28 jun. 2022]. Disponível em: www.domhelder.edu.br/uploads/artigoHRA.pdf
4. Carvalho MS, Ribeiro KD, Moreira RM, Almeida AM. Concentração de metais no rio Doce em Mariana, Minas Gerais, Brasil. Acta Brasiliensis 2017; 1(3): 37-41. <https://doi.org/10.22571/Actabra13201758>
5. Freitas CM, Silva MA, Menezes FC. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. Cienc Cult 2016; 68(3): 25-30. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000300010>
6. Romão A, Froes C, Barcellos C, Silva DX, Saldanha R, Gracie R, et al. Nota técnica: avaliação dos impactos sobre a saúde do desastre da mineração da Vale (Brumadinho, MG). Rio de Janeiro: Observatório de Clima e Saúde; 2019.
7. Geng F, Zhou Y, Liang Y, Fan F. A longitudinal study of recurrent experience of earthquake and mental health problems among chinese adolescents. Front Psychol 2018; 9: 1259. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01259>
8. Hikichi H, Aida J, Kondo K, Tsuboya T, Kawachi I. Residential relocation and obesity after a natural disaster: a natural experiment from the 2011 Japan Earthquake and Tsunami. Sci Rep 2019; 9: 374. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36906-y>
9. Kukihara H, Yamawaki N, Uchiyama K, Arai S, Horikawa E. Trauma, depression, and resilience of earthquake/tsunami/nuclear disaster survivors of Hirono, Fukushima, Japan. Psychiatry Clin Neurosci 2014; 68(7): 524-33. <https://doi.org/10.1111/pcn.12159>
10. Pereira LF, Cruz GB, Guimarães RMF. Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra. Journal of Environmental Analysis and Progress 2019; 4(2): 122-9. <https://doi.org/10.24221/JEAP.4.2.2019.2373.122-129>

11. Freitas CM, Silva DRX, Sena ARM, Silva EL, Sales LBF, Carvalho ML, et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Ciênc Saúde Coletiva* 2014; 19(9): 3645-56. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.00732014>
12. Inker LA, Eneanya ND, Coresh J, Tighiouart H, Wang D, Sang Y, et al. New creatinine- and cystatin c-based equations to estimate GFR without race. *N Engl J Med* 2021; 385(19): 1737-49. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2102953>
13. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Manual brasileiro de acreditação hospitalar. 3ª ed. rev. e atual. Brasília: Ministério da Saúde; 2002. [acessado em 7 mar. 2022]. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acreditacao_hospitalar.pdf
14. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Resolução RDC nº 504, de 27 de maio de 2021. Dispõe sobre as Boas Práticas para o transporte de material biológico humano. *Diário Oficial da União*. Publicado em 31/05/2021. Edição 101. Seção 1. pág. 126 [acessado em 7 mar. 2022]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-504-de-27-de-maio-de-2021-323008631>
15. Rao JNK, Scott AJ. On chi-squared tests for multiway contingency tables with cell proportions estimated from survey data. *Ann Statist* 1984; 12(1): 46-60. <https://doi.org/10.1214/aos/1176346391>
16. Hollander M, Wolfe DA. *Nonparametric statistical methods*. New York: John Wiley & Sons; 1973.
17. Barros AJD, Hirakata VN. Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio. *BMC Med Res Methodol* 2003; 3(1): 21. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-3-21>
18. Lumley T. *Complex surveys: a guide to analysis using R* 565. Hoboken: John Wiley; 2010.
19. Team R. The R project for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria [Internet]. 2013 [acessado em 7 mar. 2022]. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
20. Rodriguez-Fernandez R, Rahajeng E, Viliani F, Kushadiwijaya H, Amiya RM, Bangs MJ. Non-communicable disease risk factor patterns among mining industry workers in Papua, Indonesia: longitudinal findings from the Cardiovascular Outcomes in a Papuan Population and Estimation of Risk (COPPER) Study. *Occup Environ Med* 2015; 72(10): 728-35. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102664>
21. Vergilio CS, Lacerda D, Oliveira BCV, Sartori E, Campos GM, Pereira ALS, et al. Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil). *Sci Rep* 2020; 10(1): 5936. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62700-w>
22. Klaassen CD, Watkins III JB. *Casarett & Doull's essentials of toxicology*. 4th ed. Philadelphia: McGraw Hill; 2021.
23. Faludi AA, Izar MCO, Saraiva JFK, Chacra APM, Bianco HT, Afiune Neto A, et al. Atualização da diretriz brasileira de dislipidemias e prevenção da aterosclerose - 2017. *Arq Bras Cardiol* 2017; 109(2Supl. 1): 1-76.
24. Malta DC, Szwarcwald CL, Machado ÍE, Pereira CA, Figueiredo AW, Sá ACMGN, et al. Prevalência de colesterol total e frações alterados na população adulta brasileira: Pesquisa Nacional de Saúde. *Rev Bras Epidemiol* 2019; 22(Suppl 2): E190005. <https://doi.org/10.1590/1980-549720190005.supl.2>
25. Moraes SA, Checchio MV, Freitas ICM. Dislipidemia e fatores associados em adultos residentes em Ribeirão Preto, SP: resultados do Projeto EPIDCV. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2013; 57(9): 691-701. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302013000900004>
26. Marinho AWGB, Penha AP, Silva MT, Galvão TF. Prevalence of chronic renal disease among Brazilian adults: a systematic review. *Cad Saúde Colet* 2017; 25(3): 379-88. <https://doi.org/10.1590/1414-462X201700030134>
27. Machado ÍE, Malta DC, Bacal NS, Rosenfeld LGM. Prevalência de anemia em adultos e idosos brasileiros. *Rev Bras Epidemiol* 2019; 22(Suppl 2): E190008. <https://doi.org/10.1590/1980-549720190008.supl.2>
28. Libby P, Loscalzo J, Ridker PM, Farkouh ME, Hsue PY, Fuster V, et al. Inflammation, immunity, and infection in atherothrombosis: JACC review topic of the week. *J Am Coll Cardiol* 2018; 72(17): 2071-81 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.1043>
29. Maluf CB, Barreto SM, Giatti L, Ribeiro AL, Vidigal PG, Azevedo DRM, et al. Association between C reactive protein and all-cause mortality in the ELSA-Brasil cohort. *J Epidemiol Community Health* 2020; 74(5): 421-7. <https://doi.org/10.1136/jech-2019-213289>

ABSTRACT

Objective: To evaluate changes in selected laboratory tests in the population included in the Brumadinho Health Project, according to the exposure to the dam failure. **Methods:** Cross-sectional study carried out on representative sample of residents (≥ 12 years) in Brumadinho, Minas Gerais, including: 1) non-exposed; 2) directly affected by tailings sludge; 3) residents in mining area. The prevalence of abnormal results of blood count, total, HDL and LDL cholesterol, triglycerides, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, creatinine, urea, estimate of glomerular filtration rate (eGFR) and high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) were estimated. The Prevalence Ratios (PR) and 95% Confidence Intervals (95%CI) of having an abnormal laboratory finding were estimated using Generalized Linear Models with Poisson probability distribution. Crude and adjusted models were estimated for age range, gender, diabetes, body mass index, smoking, hypertension. **Results:** After adjusting, there was no difference in PR between the three populations for most tests, with the exception of the population residing in an area with mining activity and not directly affected by the mud, with a lower chance of having altered total cholesterol (PR: 0.84; 95%CI 0.74–0.95) and a higher chance of having altered HDL cholesterol (PR: 1.26; 95%CI 1.07–1.50), hs-CRP (PR: 1.19; 95%CI 1.04–1.37), and eGFR $< 60 \text{ mL/min/1,73 m}^2$ (PR: 1.51; 95%CI 1.05–2.19). **Conclusion:** No significant differences were found in the prevalence of biochemical and hematological alterations between the populations directly exposed and not exposed to tailings. Only the group residing in the mining area had a higher prevalence of alterations related dyslipidemia, renal disease, and inflammation.

Keywords: Man-made disasters. Mining. Laboratory tests. Brazil.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Maluf, C.B.: Análise formal, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição. Brito, F.A.: Análise formal, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição. Simões, T.C.: Análise formal, Curadoria de dados, Escrita – revisão e edição. Peixoto, S.V.: Administração do projeto, Curadoria de dados, Escrita – revisão e edição, Investigação, Metodologia, Obtenção de financiamento, Supervisão. Vidigal, P.G.: Administração do projeto, Análise formal, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Investigação, Metodologia.

FONTE DE FINANCIAMENTO: O Projeto Saúde Brumadinho é financiado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde do Ministério da Saúde (Processo 25000.127551/2019-69) e pela Fundação Oswaldo Cruz. S.V. Peixoto é bolsista de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

