

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE MUNDO NOVO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**ANDERSON CARLOS MARTIN**

**REJEITOS DE MINERAÇÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS NO  
BRASIL**

Mundo Novo - MS

Outubro/ 2019

**ANDERSON CARLOS MARTIN**

**REJEITOS DE MINERAÇÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS NO  
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas, Licenciatura da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Milza Celi Fedatto Abelha

Mundo Novo - MS

Outubro/ 2019

ANDERSON CARLOS MARTIN

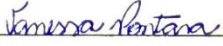
**REJEITOS DE MINERAÇÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS NO  
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

APROVADO EM 21 de outubro de 2019

Profa. Dra. Milza Celi Fedatto Abelha - Orientador - UEMS 

Prof. Dr. Marcelo Leandro Bueno - UEMS 

Profa. Dra. Vanessa Pontara - UEMS 

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, quero deixar registrado aqui minha eterna gratidão a Deus, por me proporcionar momentos únicos, sempre repletos de saúde, felicidade e amor. Mesmos nos momentos mais difíceis nunca me abandonou, sempre sustentou minha determinação de superar as dificuldades e conquistar meus sonhos.

A minha família, principalmente meu pai Antônio e minha mãe Marilza, que sempre me apoiaram e me ajudaram a conciliar a rotina de trabalho com estudos, a qual exigiu muito tempo e momentos em família que pretendo compensar daqui em diante. A minha namorada Amanda, por sempre me apoiar, entendendo minhas frequentes ausências, lendo por diversas vezes este trabalho e me ajudando a revisar.

A minha orientadora Profa. Dra. Milza Celi Fedatto Abelha, por aceitar o desafio e confiar em meu comprometimento com este trabalho. Sempre muito prestativa e profissional, que além de me ajudar no desenvolvimento deste trabalho, sem dúvidas contribuiu muito com minha formação profissional.

## Resumo

Em 2019 o Brasil sofreu novamente com um acidente envolvendo rompimento de barragem de rejeitos de mineração: acidentes dessa natureza podem causar sérios impactos socioambientais e econômicos. Os rompimentos ocorridos em 2016 na cidade Mariana, MG, e em 2019 na cidade Brumadinho, MG, geraram grande repercussão na mídia nacional e internacional. A magnitude dos impactos ocasionados alertou o meio científico fazendo com que o assunto “rompimento de barragens de rejeitos” fossem temas frequentes para realização de pesquisas. Estas visam estimar os impactos decorrentes destes acidentes para definir as melhores medidas de recuperação a serem adotadas e a análise da eficiência das mesmas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo compilar e analisar artigos científicos publicados nas plataformas SciELO e Google Acadêmico além de *sites* oficiais e de notícias que relatam os rompimentos de barragens no Brasil entre 2009 a 2019. Buscou-se focar em informações relativas a danos ambientais, sociais e econômicos, como também, nas medidas mitigadoras instituídas. Os rompimentos de barragens investigados apresentaram impactos relativos a contaminação do solo e mananciais, perda da biodiversidade, comprometimento da economia regional e morte de trabalhadores das mineradoras e da população próxima as barragens. As medidas mitigadoras incluíram atividades de monitoramento e recuperação ambiental, ajustes estruturais das barragens, aplicação de multas e ações cautelares para liberação de recursos financeiros. Os dados levantados neste estudo evidenciaram a necessidade de se ampliar as pesquisas relacionadas a pós-desastres e a eficiência das medidas mitigadoras aplicadas.

**Palavras-chave:** Mineração, Medidas mitigadoras, Impactos antropogênicos.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
2.1 Objetivos gerais.....	8
2.2 Objetivos específicos.....	8
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>9</b>
4.1 Rompimentos de Barragens.....	9
4.2 Impactos Socioambientais.....	10
4.2.1 Mina do Engenho, Itabirito-MG.....	10
4.2.2 Barragens de Fundão e Santarém, Mariana - MG .....	10
4.2.3 Barragem B1 – Mina córrego do Feijão, Brumadinho – MG.....	12
4.3 Medidas Mitigadoras.....	14
4.3.1 Mina do Engenho, Itabirito-MG.....	14
4.3.2 Barragens de Fundão e Santarém, Mariana – MG.....	14
4.3.3 Barragem I – Mina córrego do Feijão, Brumadinho - MG.....	15
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os países com as maiores reservas de minério do mundo (BARRETO, 2001). Isto se deve a particularidades no processo de formação de sua crosta que incluíram fatores tectônicos, magmáticos, termais e sedimentares que originaram uma grande variedade de minerais metálicos e não metálicos (TEIXEIRA, 2000). O Brasil detém, por exemplo, a maior reserva mundial de nióbio (BARRETO, 2001) e figura como o segundo maior produtor mundial de ferro (MOURA et al., 2018). Esta riqueza mineral vem sendo explorada desde o período de colonização, quando as formas de extração eram mais rústicas e com demandas minerais diferentes das atuais (GERMANI, 2002).

As atividades de mineração se expandiram tendo hoje como destaque na produção mineral de substâncias metálicas, duas unidades federativas: Minas Gerais, responsável por 48,7% e o Pará com 37,0% do valor da produção comercializada (MOURA et al., 2018). Dessa forma, a maior produção dos minerais metálicos provém do Quadrilátero Ferrífero do Estado de Minas Gerais, que é considerado um paraíso mineralógico brasileiro, e constitui-se em basicamente uma estrutura geológica pré-cambriana que se estende por aproximadamente 7000 km<sup>2</sup> com formato similar a um quadrado, que fica evidente por apresentar elevações em seus quatro lados em razão da erosão ter atuado com intensidade diferente na região circunjacente, além de possuir estratigrafia composta por diversos tipos de rochas sobrepostas em diferentes períodos geológicos (ROESER; ROESER, 2010; AZEVEDO et al. 2012).

O desenvolvimento econômico faz com que o setor da mineração expandisse suas atividades visando atender a demanda da indústria (CARVALHO et al., 2012). No Brasil mais de 10 mil empresas do ramo empregam, aproximadamente, dois milhões de pessoas, gerando renda, movimentando a economia e fornecendo matéria prima para os mais diversos setores da indústria nacional e internacional (IBRAM, 2018).

A Agência Nacional de Mineração (ANM), que é o órgão responsável por catalogar e classificar as barragens, apontou em levantamento apresentado em fevereiro de 2019 o total de 769 barragens relacionadas a atividades de minério no país, sendo que 351 estão localizadas no Estado de Minas Gerais e 226 estão associadas à exploração de minério de ferro. Quanto a classificação de risco e dano ambiental potencial associado, a maioria destas já se encontram classificadas de acordo com o relatório da ANM (BRASIL, 2019).

Dentre os tipos de barragens presentes no Brasil, pode-se destacar três tipos, sendo classificadas pelos seus métodos construtivos, sendo: (i) método da jusante, em que basicamente o alteamento em função de sobreposição de camadas à jusante, conferem essa

propriedade de barreira; (ii) método montante, em que as construções de diques à montante dos rejeitos, proporcionam o alteamento de uma parede; (iii) método linha de centro, que combina os dois métodos anteriores de forma que suas desvantagens sejam reduzidas (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

A atividade de mineração causa impactos diretos ao ambiente, com destaque para a degradação da paisagem, ruídos, vibração, tráfego de veículos pesados, poeira, gases, contaminação de águas, produção de rejeitos e estéril de mineração (SILVA, 2007). O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) conceitua rejeitos como resíduos inaproveitáveis resultantes dos processos de mineração e estéril de mineração como a parte do minério que possui pouco ou nenhum mineral, inviabilizando sua utilização (BRASIL, 2012).

Em casos de rompimentos de barragens, os efeitos dos impactos podem ser ainda mais danosos. Recentemente dois eventos desta natureza tiveram grande repercussão midiática devido à dimensão dos seus impactos. O primeiro ocorreu em 05 de novembro de 2015 em Mariana, MG, no qual as barragens de Fundão e Santarém da mineradora Samarco se romperam despejando cerca de 50 milhões de m<sup>3</sup> de lama (LOPES, 2016), destruindo a paisagem local e causando morte imediata de 19 pessoas (FISCHER, 2018).

Pouco mais de três anos após o ocorrido em Mariana, em 25 de janeiro de 2019, novamente o Estado de Minas Gerais sediu um segundo desastre ambiental de grande proporção. Desta vez em Brumadinho, onde a Barragem B1 da Mina Córrego do Feijão da mineradora Vale se rompeu, despejando aproximadamente 12 milhões de m<sup>3</sup> de lama que destruiu edificações, vegetação, carreou sedimentos até recursos hídricos importantes (PEREIRA; CRUZ; GUIMARAES, 2019) e deixou o total de 270 vítimas fatais entre identificados e desaparecidos (G1, 2019).

Desde quando os acidentes ocorreram, estudos e análises continuam sendo desenvolvidos com objetivo de mensurar a dimensão dos impactos. Em casos de desastres ambientais como estes, um conjunto de ações mitigadoras devem ser adotadas visando minimizar os impactos e conduzir a recuperação das áreas afetadas.

Considerando o expressivo número de barragens relacionadas a atividades de minério no país e a ocorrência de dois rompimentos em menos de cinco anos, o assunto “barragens de minério, impactos e ações mitigadoras” se tornou atual e particularmente pertinente a tópicos da Ecologia e Biologia da Conservação, disciplinas que fazem parte do eixo de formação do Biólogo. O enriquecimento desta formação por meio de revisão bibliográfica, como aqui proposto, traz a experiência de busca por informações em base de dados, o que é uma etapa



essencial do processo de pesquisa científica, além de fomentar a capacidade de análise e síntese de informações científicas publicadas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Realizar revisão bibliográfica referente a impactos ambientais decorrentes de rompimentos de barragens de rejeitos de minérios no Brasil.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Pesquisar casos de rompimento de barragens de rejeitos de minério no Brasil no período de 2009 a 2019;
- Relatar as medidas de mitigação adotadas e os resultados decorrentes destas medidas.

## **3. METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido a partir de revisão bibliográfica centrada em publicações disponíveis nas bases de dados SciELO (<http://www.scielo.org/php/index.php>), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br>), além de buscas em institutos e *sites* de notícias: ANM (<http://www.anm.gov.br/>), CETEM (<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/Inicio.aspx>), G1 (<https://g1.globo.com/>), Semana Acadêmica Revista Científica (<https://semanaacademica.org.br/>), SEMAD (<http://www.meioambiente.mg.gov.br/>), e Vale (<http://www.vale.com/brasil/pt/paginas/default.aspx>). Foram utilizadas as palavras-chave “barragem e Itabirito”, “barragem e rompimento”, “barragem e minério”, “minério e rompimento”, “barragem e Mariana”, “medidas mitigadoras e impactos ambientais”, “barragem e Brumadinho”. O período selecionado para as buscas nas bases de dados foi de 2009 a 2019.

A metodologia de análise consistiu na leitura dos artigos, análise de sua pertinência aos objetivos estabelecidos neste trabalho, síntese das informações apresentadas e comparação com as demais que foram compiladas.

Para elaboração do mapa foi utilizado o *software* QGIS, com bases cartográficas disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e no Instituto Prístino.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rompimentos de Barragens

Os períodos das pesquisas realizadas indicaram três eventos de rompimentos de barragens de rejeitos de minério entre 2009 e 2019, abrangendo em 2014 a Barragem Mina do Engenho (RIBEIRO; REZENDE, 2015), em 2015 as barragens de Fundão e Santarém (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016) e em 2019 a Barragem B1 da Mina Córrego do Feijão (PEREIRA; CRUZ; GUIMARÃES, 2019), todas localizadas em Minas Gerais (Figura 1).

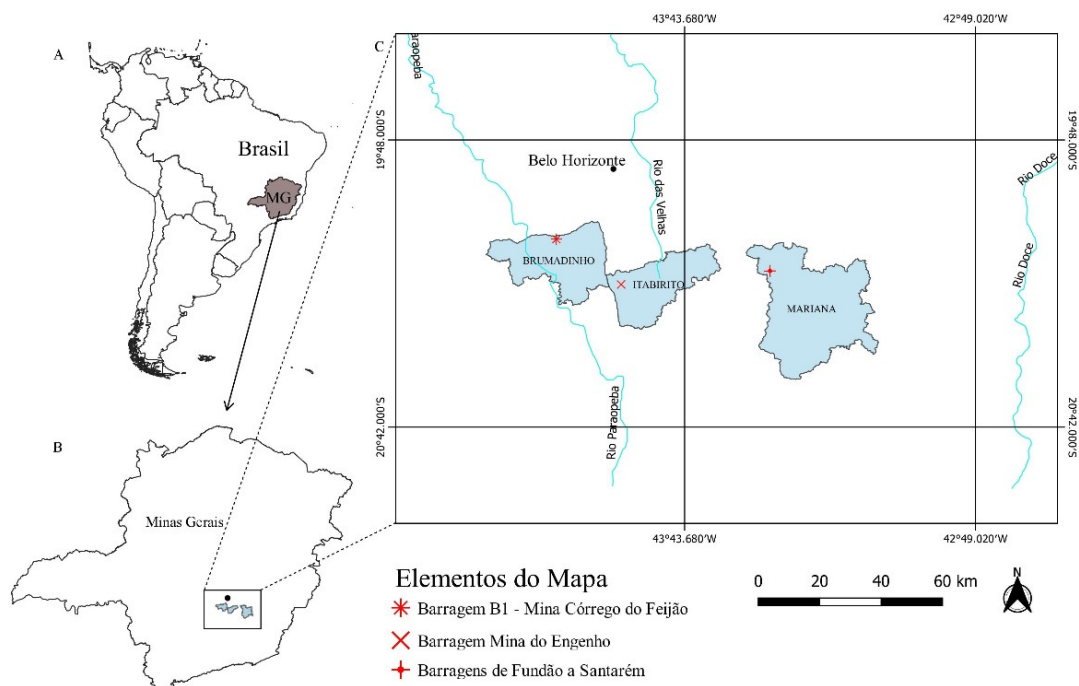


Figura 1. Localização de barragens que se romperam no Brasil nos últimos 10 anos, evidenciando o limite dos municípios. A) Brasil. B) Estado de Minas Gerais. C) Distribuição das barragens que se romperam nos últimos anos.

Cabe ainda mencionar que em maio de 2019 houve registro de deslizamentos na barragem Mina do Congo Soco em Barão de Cocais, MG, oferecendo risco de rompimento (MINAS GERAIS, 2019). Em razão disto, foram adotadas medidas de emergência, evacuando às pressas moradores dos municípios de Nova Lima, Barão de Cocais, Itatiaiuçu e Ouro Preto. (ESPINDOLA; GUIMARÃES, 2019).

## 4.2 Impactos Socioambientais

### 4.2.1 Mina do Engenho, Itabirito-MG

O rompimento da barragem da Mina do Engenho em Itabirito teve menor impacto em comparação com os demais incidentes abordados por este trabalho (Tabela 1). Oito funcionários foram soterrados, sendo que cinco foram socorridos com vida e outros três foram a óbito. A lama destruiu veículos e máquinas pesadas, mas as edificações não foram atingidas. Na ocasião, a mina já se encontrava desativada por ter atingido sua capacidade máxima (RIBEIRO; REZENDE, 2015). Os rejeitos alcançaram um riacho e deixaram 300 residências sem água e energia elétrica (SCHEMBRI; COELHO; CARVALHO, 2016), além de cobrirem parte de área de preservação permanente ocasionando poluição do solo, poluição hídrica, danos as comunidades aquáticas incluindo zooplâncton, fitoplâncton e bentos (RIBEIRO; REZENDE, 2015).

**Tabela 1.** Síntese dos impactos socioambientais decorrentes de rompimentos de barragens de rejeitos de minério no Brasil no período de 2009 a 2019.

<b>Barragem</b>	<b>Mina do Engenho</b>	<b>Barragens de Fundão e Santarém</b>	<b>Barragem B1 Mina córrego do Feijão</b>
<b>Impactos</b>			
<b>Número de Mortes</b>	3	19	270
<b>Volume de lama</b>	*Sem registros	**50 milhões de m <sup>3</sup>	12 milhões de m <sup>3</sup>
<b>Área coberta por lama</b>	6,00 ha	1.469,00 ha	297,28 ha
<b>Rios contaminados</b>	das Velhas	Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce	Paraopeba e São Francisco
<b>Edificações atingidas</b>	Nenhuma	207	193
<b>Extensão de lâmina d'água afetada</b>	Sem registros	663,20 km	250,00 km

\*Sem registro= sem dados na literatura.

\*\*50 milhões= 34 no rompimento + 16 milhões de m<sup>3</sup> em período subsequente ao rompimento.

### 4.2.2 Barragens de Fundão e Santarém, Mariana - MG

No município de Mariana, foram registradas 19 mortes atribuídas ao rompimento da barragem (COSTA, 2016). Constatou-se que a área coberta por lama foi de 1.469,00 hectares, destruindo a vegetação e cerca de 82% das edificações do distrito de Bento Rodrigues (COSTA, 2016), de forma que, entre os três rompimentos aqui abordados, este foi o que apresentou a maior área atingida por lama (Tabela 1; Figura 2).

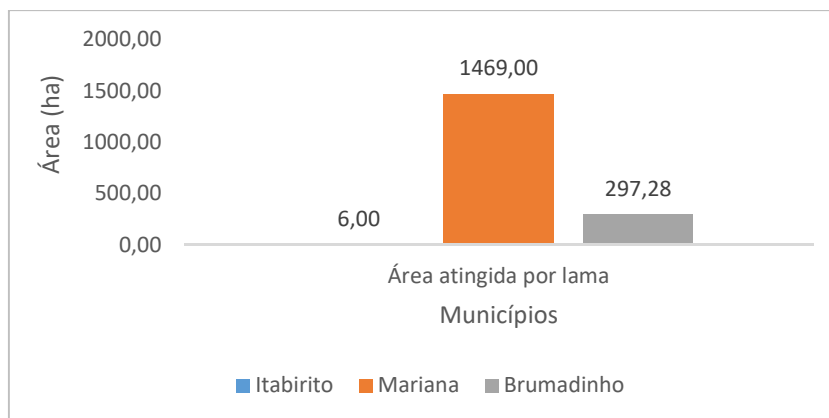


Figura 1. Comparativo entre as áreas cobertas por lama relacionado aos rompimentos de barragens.

A extensão da área coberta por lama é uma informação relevante do impacto, pois esta cobre o banco de sementes e, ao secar, deixa o solo impermeabilizado, sem nutrientes, dificultando o processo de sucessão (LOPES, 2016), além de aumentar a intensidade dos processos erosivos, potencializando a contaminação de rios (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016).

A lama contaminou os rios Doce, Gualaxo do Norte e do Carmo, chegando até o litoral do Espírito Santo provocando alterações também no ecossistema marinho (SILVA; FERREIRA; SCOTTI, 2015). Ao longo dos 663,20 km de recursos hídricos percorridos até o mar, a lama causou destruição dos habitats associados ao leito do rio e desequilíbrio nos parâmetros físico-químicos da água. Tais alterações tornam a água imprópria para consumo causando desabastecimento e mortandade da ictiofauna local (COSTA, 2016). Considerando que há espécies endêmicas no rio Doce, as perdas podem ter sido irreparáveis (LOPES, 2016).

Houve também reflexos na saúde pública, pois as alterações nos habitats e o desequilíbrio na teia trófica, alteraram o ciclo de vida de patógenos e hospedeiros de doenças, que, somados aos danos à infraestrutura, deixaram a população mais suscetível a doenças. Freitas et al. (2019) direcionaram seu trabalho principalmente para a área da saúde com objetivo de apresentar a complexidade envolvida neste tipo de evento, e, para isto, sintetizaram um mapa conceitual (Figura 3) que torna compreensível as relações entre os impactos e os possíveis efeitos. Pode-se destacar nesta figura a correlação entre os danos às habitações/infraestrutura, e a alteração de ciclos de vida de vetores/hospedeiros e reservatórios de doenças. Por exemplo, há aumento de parasitoses, gastroenterites e também arboviroses, neste caso transmitidas principalmente pelo mosquito *Aedes aegypti*.

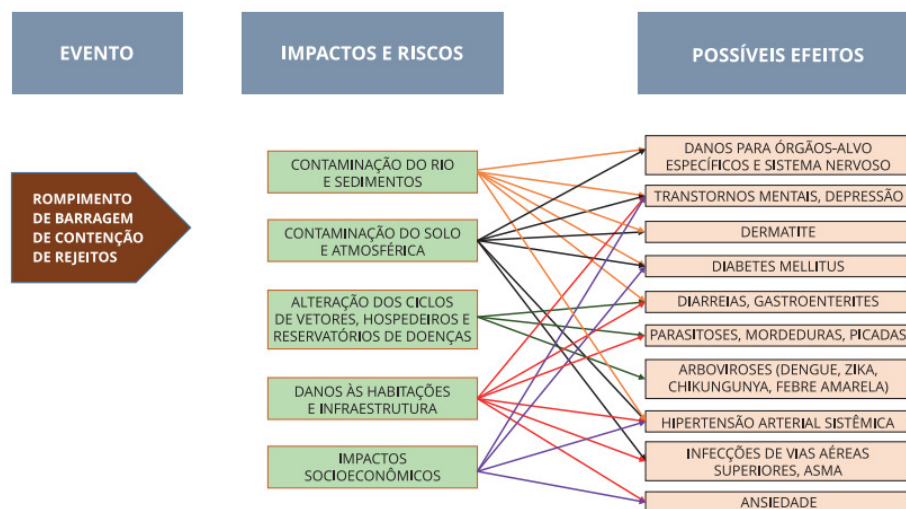


Figura 2. Potenciais efeitos relacionados aos impactos e riscos causados pelo desastre ambiental em Mariana. Fonte: (FREITAS et al., 2019).

No rompimento das barragens de Fundão e Santarém 207 edificações foram atingidas pelos rejeitos (COSTA, 2016) incluindo patrimônio histórico de valor incalculável (LOPES, 2016). Em médio prazo, a economia local sofreu resfriamento em função da lama tóxica ter atingido os recursos hídricos, que além de promover grande mortandade de peixes, fez com que a pouca produção pesqueira sofresse preconceito no mercado, reduzindo expressivamente a atividade comercial do setor. As atividades agropecuárias também sofreram com a redução de área, contaminação do solo e certa rejeição da produção no mercado, fazendo com que grande parte da distribuição da produção agrícola regional fosse interrompida (COSTA, 2016).

#### 4.2.3 Barragem B1 – Mina córrego do Feijão, Brumadinho - MG

Em Brumadinho, o rompimento da barragem resultou em 297,28 ha de terras cobertas com rejeitos de minério contendo metais pesados, prejudicando ou inviabilizando atividades agrícolas, além da contaminação do rio Paraopeba, colocando em risco a ictiofauna local e o abastecimento de comunidades à jusante (PEREIRA; CRUZ; GUIMARÃES, 2019).

Comparativamente, foi o acidente com maior número de vítimas. Foram 270 mortes (Tabela 1) entre os identificados e desaparecidos (G1, 2019), envolvendo principalmente trabalhadores que estavam nas instalações da empresa no momento do rompimento (SANTOS, 2019). Em contrapartida, este rompimento de barragem apresentou menor área atingida por lama em razão do volume de lama escoado (Tabela 1) quando comparado a aquele do rompimento das barragens de Fundão e Santarém (Mariana, MG).

Considerando a expressiva área atingida pelos rejeitos, Pereira, Cruz e Guimarães (2019) objetivaram em seu trabalho mapear e categorizar tais áreas (Figura 3) com intuito de dimensionar os impactos e direcionar as medidas mitigadoras a serem tomadas a curto, médio e longo prazo. Observa-se no item A da figura 3 elevada perda de vegetação nativa (51% da área), a qual apresentava fisionomia heterogênea, incluindo brejos, mata antropizada, mata em fase de regeneração natural, e, a maior parte composta por mata madura (Figura 3B), o que, conseqüentemente, impactou diretamente a biodiversidade local.

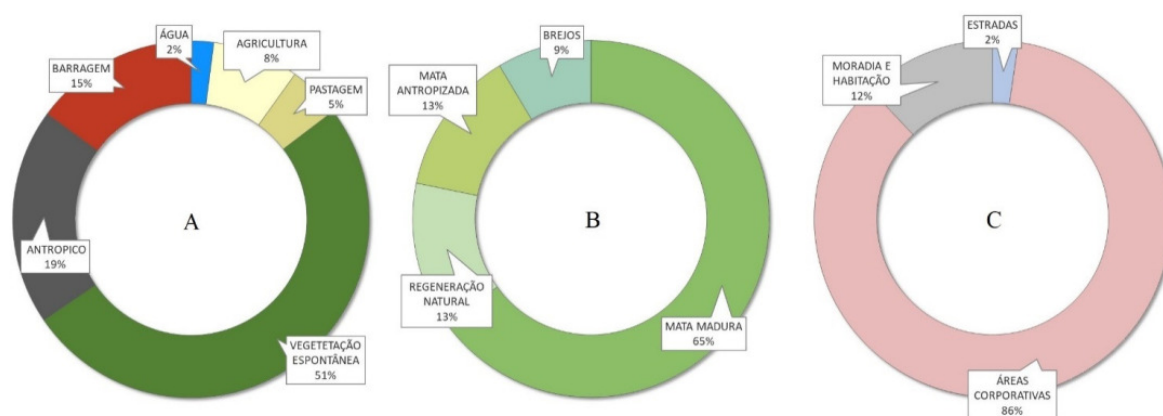


Figura 3. Particionamento das coberturas da terra na área atingida pelos rejeitos (A); particionamento das áreas de vegetação espontânea que foram atingidas (nativa) (B); particionamento das coberturas antrópicas não agrícolas que foram atingidas (não inclui barragens) (C). Fonte: (PEREIRA; CRUZ; GUIMARÃES, 2019).

Além disto, 13% da área atingida era utilizada por atividades antrópicas (pastagem; agricultura e outras áreas desmatadas; Figura 3A), percentual este suficientemente representativo para comprometimento das atividades econômicas da região, como comentado anteriormente. No item C da figura 3, que descreve o particionamento das coberturas antrópicas não agrícolas atingidas (18%), incluiu áreas corporativas principalmente da empresa Vale, estradas e moradias. É possível notar predominância de áreas corporativas (86%), em comparação com a de moradias (12%) trazendo a falsa ideia de que o baixo percentual de moradias implicaria em poucas vítimas. Contudo, foi justamente o fato de a barragem ter se rompido em horário de plena atividade da empresa Vale que resultou em concentração de funcionários, particularmente no refeitório, justificando a alta mortalidade deste acidente (270 mortes; Tabela 1). Cabe ressaltar que apesar da cobertura por água (corpos hídricos superficiais) corresponder a apenas 2% da área atingida (Figura 3C), esta não deve ser menosprezada, principalmente pela capacidade de corpos hídricos carregarem e dispersarem sedimentos.

Assim como ocorrido em Mariana, no acidente de Brumadinho também houve grande impacto na saúde pública, afinal 703 pessoas foram atingidas diretamente no momento do rompimento (270 mortos + 433 sobreviventes), proporcionando traumas aos sobreviventes e também a aqueles que perderam algum familiar, fatores que somados a situação de desabrigo, sem fornecimento de água potável, alimentos e expostos à condições insalubres, contribuíram para desencadear implicações emocionais (NOAL; RABELO; CHACHAMOVICH, 2019).

### **4.3 Medidas Mitigadoras**

#### **4.3.1 Mina do Engenho, Itabirito-MG**

Em Itabirito, foram realizados trabalhos de recuperação da erosão na barragem com reforço maciço. O Ministério Público de Minas Gerais (MP-MG) determinou que a empresa Herculano Ltda reparasse os danos ambientais e também encerrasse as atividades da mina (CETEM, 2016). Também foi ajuizada uma ação cautelar liberando 30 milhões para recuperação das áreas degradadas (CETEM, 2016).

#### **4.3.2 Barragens de Fundão e Santarém, Mariana – MG**

Em Mariana, instituiu-se análises periódicas para o monitoramento dos efeitos dos rejeitos na dinâmica ecossistêmica da região. Foram projetadas medidas de recuperação das bacias hidrográficas contaminadas: (i) recomposição da mata ciliar, (ii) avaliação de como eventos de cheias poderiam potencializar a poluição ambiental e (iii) levantamento dos impactos sobre a fauna e flora regional (FREITAS; SILVA; MENEZES, 2016).

O Ministério Público Federal (MPF) determinou que a empresa Samarco Mineração S.A, responsável pelas atividades de mineração nas barragens de Fundão e Santarém, deve reparar todos os danos ambientais, sociais e patrimoniais ocorridos em função do rompimento da barragem (NETO et al., 2018). Órgãos como: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) e MPF aplicaram, em conjunto, multas que somam R\$ 709,96 milhões de reais a Samarco (ALVES, 2019).

A Lei 12.334 de 2010 estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), que determina os papéis e responsabilidades do empreendedor levando em consideração o impacto proveniente da exploração mineral e risco oferecido à população. Determina também que as empresas que detêm as barragens, possuam um plano de segurança denominado Dano Potencial Associado (DPA). Ainda, aquelas com DPA considerado alto

obrigatoriamente devem possuir também um Plano de Ação de Emergência (PAE) visando garantir a segurança população das proximidades, com ações como alertas, medidas corretivas e em casos mais graves, evacuações de emergência. Especificamente no caso do rompimento da barragem em Mariana, o PAE foi falho (SORIANO et al., 2016).

Trabalhos de monitoramento das águas dos rios afetados vem sendo realizados periodicamente desde o acidente. No rio Gualaxo do Norte foi constatado taxas de metais que atendem os parâmetros delimitados pela legislação vigente, com exceção de quatro metais, sendo: alumínio, arsênio, fósforo e manganês (COSTA; VASCONCELLOS; BRAVIN, 2018). A presença destes metais em quantidades acima dos parâmetros estabelecidos, não pode ser associada diretamente ao rompimento, porém, a turbidez apresentou valores elevados (padrão = 40,00 UNT; observado logo após o acidente = 3.365,00 UNT), mesmo mais de um ano após o rompimento (58,70 UNT), podendo ser atribuída diretamente com o evento (COSTA; VASCONCELLOS; BRAVIN, 2018).

#### **4.3.3 Barragem I – Mina córrego do Feijão, Brumadinho - MG**

Em Brumadinho, foram instalados no rio Paraopeba, logo após o acidente, membranas de contenção (Figura 4), visando conter e dispersão das partículas carregadas pela corrente. Estas membranas correspondem a redes de tecido filtrante que alcançam três metros de profundidade na coluna d'água e permanecem acopladas a flutuadores. Sua eficiência é questionada uma vez que só conseguem evitar a dispersão de sólidos a uma profundidade de até três metros (PEREIRA et al., 2019).



Figura 4. Membranas de contenção de rejeitos ao longo do rio Paraopeba, MG. Fonte: (Vale, 2019).



A Vale descreveu em seu relatório de prestação de contas à sociedade (Balanço da reparação: Brumadinho e cidades ao longo do rio Paraopeba de junho de 2019) as medidas mitigadoras/compensatórias instituídas:

- (i) Construção de contenções de resíduos sólidos próximos a barragem;
- (ii) Monitoramento de água, solo, rejeitos e sedimentos em 66 pontos;
- (iii) Criação de Estação de Tratamento de Água Fluvial (ETAF) que são estruturas que filtram e devolvem a água tratada para o rio Paraopeba;
- (iv) Criação de dois centros de atendimento à saúde animal, para receber animais domésticos e selvagens (VALE, 2019).

Em caráter social, realizou doações emergenciais a 276 famílias que tiveram vítimas fatais, a 101 moradores da Zona de Autossalvamento (ZAS; corresponde a região à jusante da barragem, numa extensão de até 10 km, definida no Plano de Ação de Emergência) e 96 produtores rurais que tiveram suas atividades prejudicadas pelo rompimento. Além de indenizações, ofereceu apoio médico, de moradia e distribuição de água potável (VALE, 2019).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pode-se concluir através deste levantamento bibliográfico, que existem vários impactos provenientes dos rompimentos das barragens de minérios, sendo notável o enfoque nas descrições dos impactos. Já em relação aos resultados das medidas mitigadoras instituídas, ficou evidente a escassez de informações publicadas.

Reconhece-se que a mensuração dos impactos socioambientais provocados tem grande importância na definição das medidas mitigadoras a serem adotadas. Há necessidade de se ampliar as pesquisas relacionadas a pós-desastres, de forma que o relato sobre a eficiência das medidas mitigadoras desenvolvidas possa definir a viabilidade ou não de sua aplicação. O que é perceptível em algumas condenações aos responsáveis por eventos como os abordados neste trabalho é sua imprecisão ao determinarem que haja reparação de “todos os danos ambientais e sociais provocados”, sem delimitar pontualmente quais são os danos e quais as ações a serem adotadas.

Desta forma, este trabalho, ao compilar dados de maneira comparativa, pode contribuir com o meio científico, de forma que, a elaboração de DPAs e PAEs sejam repensadas, levando em consideração modelos construídos a partir de estudos acerca de eventos anteriores, fazendo com que vidas sejam poupadas e o crescimento econômico possa ocorrer de forma sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, G. B. Danos futuros na responsabilidade civil por desastres ambientais. **Direito e Cidadania**, v. 3, n. 1, 2019.
- AZEVEDO U. R. et al. Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. **Geoparques do Brasil: propostas**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil; 2012. p. 183-219.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.
- BRASIL. Departamento de produção Mineral. PARECER/PROGE Nº 232, de 2012. Regime jurídico dos rejeitos e de outros materiais descartados durante o processo de lavra mineral. Publicado em 21.05.2012. Disponível em <[http://www.anm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/pareceres/pareceresproge/copy\\_of\\_parecer\\_proge\\_564\\_2007.pdf/view](http://www.anm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/pareceres/pareceresproge/copy_of_parecer_proge_564_2007.pdf/view)> Acesso em: 12 de mar. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional Mineração (Superintendência de produção Mineral). **Classificação das Barragens de Mineração Brasileiras – Data Base FEV/2019**. 2019. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-cadastro-nacional-de-barragens-de-mineracao/classificacao-oficial-anm>> acesso em: 15 de mar. 2019.
- CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração – uma revisão. **HOLOS**, v. 08, n. 32, p. 77-85, 2016.
- CARVALHO, P. S. L.; SILVA, M. M.; ROCIO, M. A. R.; MOSZKOWICZ, J. Minério de ferro. **BNDES Setorial**, v. 39, p. 197-234. 2012.
- COSTA, H. A. **Impactos ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão no município de Mariana–MG na perspectiva da mídia nacional**. Trabalho de Conclusão de Curso, Campina Grande, 59 p., 2016.
- COSTA, A. S. V.; VASCONCELLOS, C. D. O.; BRAVIN, T. C. Análise das alterações dos parâmetros de qualidade da água do Rio Do Carmo, afluente do rio doce, após rompimento da barragem de fundão, em Mariana-MG. **Holos Environment**, v. 18, n. 2, p. 160-176, 2018.
- CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. **Rompimento de barragem de rejeitos de mineração de ferro em Itabirito (MG) provoca mortes**. 2019. Disponível em: <<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=209>> Acesso em: 25 de ago. 2019.
- ESPINDOLA, H. S.; GUIMARÃES, D. J. M. História Ambiental dos Desastres: uma agenda necessária. **Tempo e Argumento**, v. 11, n. 26, p. 560-573, 2019.
- FISCHER, G. Acelerações em escala regional: A transformação do vale do Rio Doce, ca. 1880-1980. **Varia História**, v. 34, n. 65, p. 445-474, 2018.
- FREITAS, C. M.; SILVA, M. A.; MENEZES, F. C. O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, p. 25-30, 2016.

FREITAS, C. M. et al. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, p. e00052519, 2019.

G1. 2019. Brumadinho: Sobe para 249 o número de mortos no rompimento de barragem. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/08/31/brumadinho-sobe-para-249-o-numero-de-mortos-no-rompimento-de-barragem.ghtml>>. Acesso em 01 de setembro 2019.

GERMANI, D. J. A mineração no Brasil. **Relatório Final, Brasil**, 2002.

IBRAM. **Eleições 2018: Políticas Públicas para a Indústria Mineral**. Brasília: IBRAM, 2018.

LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v. 5, n. 1, p. 1, 2016.

MINAS GERAIS, 2019. Informações sobre a Mina de Gongo Soco, Barão de Cocais. Disponível em: <[http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/672-Informacoes\\_Barao\\_cocais\\_mai19](http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/672-Informacoes_Barao_cocais_mai19)> acesso em: 30 de ago. 2019.

MOURA JR, Á. A. et al. Indústria Extrativa Mineral no Brasil: Uma Análise a Partir do Paradigma Estrutura-Condução-Desempenho (ECD). **Pesquisa & Debate**. v. 30, n. 2 (54), 2018. NETO, A. F. R. et al. Caso Samarco em Mariana/MG e ação civil pública: Busca pelo meio ambiente ecologicamente equilibrado. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 315-328, 2018.

NOAL, D. S.; RABELO, I. V. M.; CHACHAMOVICH, E. O impacto na saúde mental dos afetados após o rompimento da barragem da Vale. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, p. e00048419, 2019.

PEREIRA, D. M. et al. **Brumadinho**: muito mais do que um desastre tecnológico. 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.23813.60643.

PEREIRA, L. F.; CRUZ, G. B.; GUIMARÃES, R. M. F. 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**, v. 4, n. 2, p. 122-129, 2019.

RIBEIRO, L. G. G.; REZENDE, E. N. MINA DO ENGENHO: Rompimento de barragem. Homicídio como crime ambiental: uma teratológica aceção do direito penal? **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 1, 2015.

ROESER, H.; ROESER, P. O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: Aspectos sobre sua História, seus Recursos Minerais e Problemas Ambientais Relacionados. In: **Geonomos** 18(1), p. 33 – 37, 2010.

SANTOS, L. B. D. A Lama de Mariana e Brumadinho Não Vale o Progresso. **Escenários: empresa y territorio**, v. 8, n. 11, 2019.

SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista espaço da Sophia**, v. 8, n. 1, 2007.

SCHEMBRI, G. P. R.; COELHO, E. M. S.; CARVALHO, G. L. **Análise do potencial de risco e classificação das barragens de rejeito da mineração no estado de Minas Gerais**. 2016.

SILVA, D. L.; FERREIRA, M. C.; SCOTTI, M. R. O maior desastre ambiental brasileiro: de Mariana (MG) a Regência (ES). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**, v. 24, p.136-158, 2015.

SORIANO, E. et al. Rompimento de barragens em Mariana (MG): o processo de comunicação de risco de acordo com dados da mídia. **Revista Comunicare**. São Paulo, v.16, ed. 1, p. 52-63, 2016.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 1 v.

VALE. 2019. Balanço da Reparação: Brumadinho e cidades ao longo do Rio Paraopeba. Disponível em: <[http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes\\_brumadinho/Documents/PT/balanco-da-reparacao/pdf/Balanco\\_da\\_Reparacao\\_Vale\\_maio\\_2019.pdf](http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Documents/PT/balanco-da-reparacao/pdf/Balanco_da_Reparacao_Vale_maio_2019.pdf)> acesso em: 02 de set. 2019.