



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA
LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

THIAGO MARTINS DA SILVA

**A atividade mineradora sob a ótica da proteção ambiental: o
caso da Barragem de Fundão**

PIQUET CARNEIRO

2018

THIAGO MARTINS DA SILVA

**A atividade mineradora sob a ótica da proteção ambiental: o
caso da Barragem de Fundão**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Profa. Ms. Ana Paula Pinto Bastos

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto José Almeida de Pontes.

PIQUET CARNEIRO

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Silva, Thiago Martins da.

S578a

A atividade mineradora sob a ótica da proteção ambiental: o caso da Barragem de Fundão / Thiago Martins da Silva. - Redenção, 2018. 60f: il.

Monografia - Curso de Especialização em Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais E Energéticos, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Profa. Me. Ana Paula Pintos Bastos.
Coorientador: Prof. Dr. Roberto José Almeida de Pontes.

1. Barragens e açudes - Aspectos ambientais - Ceará. 2. Impactos Socioambientais. 3. Barragens - Atividade mineradora. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 627.8098131

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA
LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA

THIAGO MARTINS DA SILVA

**A atividade mineradora sob a ótica da proteção ambiental: o
caso da Barragem de Fundão**

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em
Gestão dos Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 11 / 08 / 2018

Nota: 10,0

Banca Examinadora:

Ana Paula Pinto Bastos

Profa. MSc. Ana Paula Pinto Bastos (Orientadora)

Raulim de Oliveira Galvão

Prof. MSc. Raulim de Oliveira Galvão (Examinador 1)

Ricardo Elias de Miranda Candeiro

Prof. Dr. Ricardo Elias de Miranda Candeiro (Examinador 2)

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pelo dom da vida e por ter me dado foco, força e fé para concluir mais esta etapa de minha vida.

Agradeço a minha mãe, Maria Lucileide, heroína, que me apoiou e incentivou nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu pai, Raimundo Lasaro, que és muito importante para mim e apesar de todas as dificuldades, me fortaleceu.

Obrigado a minha irmã Thaisa Martins e meu cunhado Jerferson Bastos, que nos momentos de minha ausência, dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

A minha orientadora Ana Paula Bastos, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube.

Ao prof. Dr. Roberto Pontes, que apoiou em cada etapa da pesquisa e contribuiu com a revisão dos conteúdos, seu grande desprendimento em ajudar-me e amizade sincera

Sou grato a minha namorada Raelis Natanha, pessoa na qual, amo partilhar a vida e que me apoiou em todos os momentos, soube compreender quando eu não podia estar presente e me deu forças para vencer mais essa etapa da minha vida.

A todos os amigos, que direta ou indiretamente participaram dessa jornada, o meu eterno agradecimento e um forte abraço.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Funções dos ecossistemas e serviços relacionados.....	20
Figura 2 – Percurso da passagem do rejeito.....	38
Figura 3 – Localização da Barragens de Germano, Fundão, Santarém e do distrito de Bento Rodrigues antes do rompimento da barragem de Fundão. ...	39
Figura 4 – Situação da Barragens de Fundão, Santarém e do distrito de Bento Rodrigues após do rompimento da barragem de Fundão.	39
Figura 5 – Distrito de Bento Rodrigues após o rompimento da barragem de Fundão.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Danos a Infraestrutura de unidades habitacionais.	45
Tabela 2 – Danos a Infraestrutura de instalações públicas.....	46
Tabela 3 – Danos humanos ocasionados aos municípios após o rompimento da barragem de Fundão.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os serviços ecossistêmicos ou serviços ambientais.	20
Quadro 2 – Origens dos desastres ambientais.	22
Quadro 3 – Classificação dos desastres em relação á intensidade.	23

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Classificação das barragens no Brasil.	29
Gráfico 2 – Barragens cadastradas no BDA considerando a sua classe e a sua tipologia.	31
Gráfico 3 – Distribuição das estruturas cadastradas no BDA divididas por Bacia Hidrográfica.	32

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional da Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
BDA	Banco de Dados de Barragens
CDB	Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
COPAM	Conselho Estadual de Política Pública
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DN	Deliberações Normativas
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EM-DAT	<i>Emergency Disasters Data Base,</i>
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FHEMIG	Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais
FJP	Fundação João Pinheiro
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GIAIA	Grupo Independente para Avaliação do Impacto Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCs	Instrumentos de comando e controle
IEs	Instrumentos econômicos
IMGA	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PRDES	Política Estadual dos Atingidos por Barragens e outros Empreendimentos
PSAs	Pagamento por Serviços Ambientais
SEDESE	Secretaria de Estado de Trabalho e Desenvolvimento Social.

SEDHPAC	Secretaria de Estado de Direitos Humanos, Participação Social e Cidadania
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
UC	Unidade de Conservação
UHE	Usina Hidrelétrica
VET	Valor Econômico Total

SUMÁRIO

RESUMO	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 Serviços ambientais	19
2.2 Desastres ambientais	21
2.3 Dano ambiental	23
2.3.1 <i>Poluidor</i>	25
2.3.2 <i>Protetor ambiental</i>	26
2.3.3 <i>Reparação ambiental</i>	27
3 BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO BRASIL	29
3.1 Desastres naturais no Brasil	32
3.2 Política pública ambiental	34
3.2.1 <i>Instrumentos de comando e controle (ICCs)</i>	35
4 ESTUDO DE CASO: o rompimento da Barragem de Fundão	36
4.1 Área de estudo	36
4.1.1 <i>Avaliação dos impactos socioambientais na bacia do Rio Doce em escala microregional</i>	41
4.1.1.1 Danos ambientais	42
4.1.1.2 Danos materiais.....	44
4.1.1.3 Danos humanos.....	47
5 METODOLOGIA	51
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	55

A atividade mineradora sob a ótica da proteção ambiental: o caso da Barragem de Fundão

Thiago Martins da Silva¹

Ana Paula Pinto Bastos²

Roberto José Almeida de Pontes³

RESUMO

Diversos impactos ambientais têm ocorridos em regiões urbanas. Dentre estes, os ocasionados pela atividade extrativa de minérios que ultrapassam a capacidade de resiliência dos ecossistemas. A presente investigação busca contribuir com suas análises e pesquisa a ocorrência recente no município de Mariana em Minas Gerais, tendo como área de estudo a barragem de Fundão. Neste contexto, tem-se como objetivo geral identificar as perdas dos serviços ambientais causados pela atividade mineradora, baseado num estudo de caso. Ainda, identificar a área da ocorrência do dano ambiental, extensão e intensidade; reconhecer a extensão e intensidade das perdas dos serviços ecossistêmicos na área de desastres ambientais; qualificar as afetações ao bem-estar das populações na área do desastre ambiental e suas repercussões em suas qualidades de vida, ocorrências nefastas ao meio ambiente e à vida. A metodologia adotada foi do tipo *ex-post-facto*, embasada em uma ampla pesquisa bibliográfica e documental de registros oficiais. Utilizou-se um software livre de geoprocessamento, o Google Earth® para fins de visualização de imagens via satélite da área afetada e em um contexto temporal, antes e posterior ao desastre. Ao final, verificou-se que a atividade mineradora e os cuidados com o meio ambiente, neste evento, caminharam em sentidos opostos, gerando os impactos desastrosos, aqui evidenciados. Entretanto, reconhece-se a real possibilidade de inversão do sentido do afirmado, onde os sistemas naturais e antrópicos possam coexistir harmonicamente. O trabalho está assim estruturado: Introdução, Referencial Teórico; Estudo de Caso; Metodologia; Resultados e Discussões e Considerações Finais.

Palavras-chave: Barragem de Fundão. Impactos Socioambientais. Mineração. Proteção Ambiental. Tragédia de Mariana.

¹ Estudante do Curso de Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, Polo Piquet Carneiro.

² Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará.

³ Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará.

ABSTRACT

Several environmental impacts have occurred in urban areas. Among these, those caused by the mining activity that exceed the resilience capacity of the ecosystems. The present research seeks to contribute with its analyzes and research the recent occurrence in the municipality of Mariana in Minas Gerais, having as study area the dam of Fundão. In this context, the general objective is to identify the losses of environmental services caused by the mining activity. Also, identify the area of occurrence of environmental damage, extent and intensity; recognize the extent and intensity of ecosystem service losses in the area of environmental disasters; to qualify the affections to the well-being of the populations in the area of the environmental disaster and its repercussions in its qualities of life, occurrences harmful to the environment and life. The methodology adopted was of the ex-post-facto type, based on an extensive bibliographical and documentary search of official records. A geoprocessing free software, Google Earth®, was used for the purpose of viewing satellite images of the affected area and in a temporal context, before and after the disaster. In the end, it was verified that the mining activity and the care with the environment, in this event, walked in opposite directions, generating the disastrous impacts, evidenced here. However, one recognizes the real possibility of reversing the meaning of the affirmed, where natural and anthropic systems can coexist harmoniously. The work is structured as follows: Introduction, Theoretical Referential; Case study; Methodology; Results and Discussion and Final Considerations.

Keywords: Fundão Dam. Social and Environmental Impacts. Mining. Environmental Protection. Tragedy of Mariana.

1 INTRODUÇÃO

A história do homem, seu modo de apropriação e uso dos recursos naturais, por vezes, está diretamente relacionada aos desastres naturais. Essa relação vem ocorrendo desde a concepção dos primeiros agrupamentos humanos até a formação das cidades atuais, gerando impactos ao meio ambiente.

Contudo, pesquisas recentes, apontam que houve aumento considerável na frequência dos desastres naturais, mas também na intensidade, resultando em sérios danos e prejuízos socioeconômicos à sociedade (MUNICH RE GROUP, 1999; MARCELINO et. al., 2006; IPCC, 2007).

As atividades humanas, ditas antrópicas, podem intensificar e/ou agravar um desastre natural, quando mal planejadas. Entretanto, esses fatores não podem ser confundidos com a origem de um desastre, pois eles apontam os indicadores do estado da vulnerabilidade local.

A atividade mineradora é um dos setores básicos da economia brasileira, colaborando para o bem-estar e melhoria da qualidade de vida das gerações humanas. O setor é fundamental para o crescimento econômico da sociedade, desde que, operada com responsabilidade socioambiental, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável.

O avanço tecnológico no decorrer dos anos, e o desenvolvimento de novas técnicas de exploração mineral, oportunizaram um grande aumento na sua escala de produção, entretanto potencializados significativos impactos ambientais, aumento do risco a saúde humana; acidentes ambientais e também a exaustão de recursos naturais.

Os impactos causados pela mineração, associados à competição pelo uso e ocupação do solo, geram conflitos socioambientais pela falta de atenções ao meio ambiente e sua fragilidade.

Nesse sentido, os impactos gerados pela mineração em várias regiões metropolitanas no Brasil, proveniente da expansão desordenada dos loteamentos nas áreas limítrofes, exige uma constante evolução dos cuidados

na condução dessa atividade para se evitar situações de impasse ou desastre ambiental.

Os desastres ambientais originados pela atividade mineradora, são ocasionados pelas barragens de contenção de rejeitos, pois são estruturas complexas e dinâmicas que requerem cuidados especiais na elaboração dos projetos de engenharia, operação, manutenção e monitoramento das estruturas, bem como, para o encerramento de suas atividades.

De modo geral, o rompimento da barragem causa desastre ambiental em consequência da descarga descontrolada do material nela contido, o que representa um perigo imediato ou um potencial risco para o meio ambiente e, em alguns casos, à vida humana.

Nesse contexto, o presente trabalho visa responder a seguinte questão: Quais foram as perdas dos serviços ambientais ocasionados por danos ao meio ambiente causados pela atividade mineradora?

Em decorrência da evolução das questões ambientais; importância da inserção da questão ambiental dentro da mineração, a problemática apresentada neste estudo, tem-se como objetivo geral analisar as perdas dos serviços ambientais causados pela atividade mineradora, baseado num estudo de caso.

Especificamente, identificar a área da ocorrência do dano ambiental, extensão e intensidade; Reconhecer a extensão e intensidade das perdas dos serviços ecossistêmicos na área de desastres ambientais; qualificar as afetações ao bem-estar das populações na área do desastre ambiental e suas repercussões em suas qualidades de vida, ocorrências nefastas ao meio ambiente e à vida.

Este trabalho se justifica pela oportunidade e atualidade do tema; pelas vidas perdidas em decorrência do desastre; pela perda da qualidade de vida das pessoas atingidas (direta e indiretamente); dos danos socioambientais gerados com o rompimento da barragem de rejeitos e dos abalos ocasionados à economia do município de Mariana.

Nesse sentido, a Metodologia utilizada no presente trabalho, do ponto de vista de sua natureza, utiliza uma pesquisa aplicada, de modo, a gerar conhecimento, por meio, da análise da relação entre a atividade mineradora, a

ocorrência dos desastres naturais e os seus danos causados ao meio ambiente.

O método científico utilizado foi do tipo dedutivo, em que, de um modo geral, buscou-se compreender os episódios de desastres ambientais envolvendo a extração de minerais e danos provocados ao meio ambiente, culminando com o estudo de caso do maior acidente ambiental ocorrido no Brasil, em decorrência dessa atividade. Assim, apoia-se nessa afirmativa, Gil (2008, p. 9) ao caracterizar este método como, parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis, possibilitando chegar a conclusões de maneira puramente formal, isto é, em virtude unicamente de sua lógica.

Do ponto de vista dos objetivos, a pesquisa teve um caráter explicativo, devido à mesma, aprofundar o conhecimento sobre a ocorrência dos desastres ambientais no Brasil, em especial, a tragédia de Mariana, através de análises ambientais. Segundo Gil (2010, p.28), este tipo de pesquisa, propõe-se identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos; de modo, a aprofundar o conhecimento da realidade porque explica a razão, o porquê das coisas.

Os procedimentos técnicos, ou a maneira pelo qual foram obtidos os dados necessários para elaboração desta pesquisa, deu-se a partir das seguintes formas:

Pesquisas Bibliográficas – Realizada a partir de materiais já publicado, como relatórios técnicos oficiais disponibilizados pelos órgãos competentes (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Agência Nacional das Águas – ANA, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, entre outros) e grupos independentes (GRUPO Independente para Avaliação dos Impactos Ambientais – GIAIA e Fundação RENOVA), Artigos, Monografias, Teses, Dissertações, Livros, Publicações em Periódicos, Boletins, Mapas e Internet.

Estudo de Caso – Buscou-se uma aplicação prática do conhecimento, através de um estudo profundo e exaustivo dos impactos ocasionados pelo desastre, em escala microrregional, abrangendo os municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa do Cruz do Escalvado, no estado de Minas Gerais. Gil (2008) complementa afirmando que as pesquisas com esse tipo de

natureza estão voltadas mais para a aplicação imediata de conhecimentos em uma realidade circunstancial, relevando o desenvolvimento de teorias.

Ex-Post-Facto – Devido à análise dos impactos, ter sido realizada após a ocorrência do rompimento da barragem de Fundão, segundo Gil (2008, p. 54), ao conceituar a pesquisa *ex-post-facto* como uma investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes, porque já ocorreram suas manifestações ou porque são intrinsecamente não manipuláveis.

A abordagem do problema aconteceu através de uma pesquisa quantitativa, onde por meio de tabelas e gráficos, foi mensurada a ocorrência dos desastres naturais no Brasil, o número de barragens de mineração no território brasileiro e os impactos ocasionados ao meio ambiente após o desastre. Quantificado os impactos, buscou-se, por meio das técnicas de valoração, atribuir valores a bens e serviços ambientais perdidos após a passagem dos rejeitos.

Neste trabalho, também foi utilizado um software livre de geoprocessamento, chamado Google Earth®, em que, através de imagens de satélite, foi possível a identificação das barragens de Germano, Santarém e Fundão, sendo esta última, objeto de estudo deste trabalho. Ainda, com o auxílio do Google Earth®, pode-se realizar uma análise temporal da área de estudo, no qual, foram avaliadas imagens de antes e depois da ocorrência do desastre.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente quadro teórico exposto a seguir, referênciando o episódio ocorrido no estado de Minas Gerais, na cidade de Mariana, através do rompimento da barragem de Fundão. Nesse sentido, esta revisão buscará embasar os elementos informativos e formativos relativos a tais perturbações ao meio ambiente e a coletividade da região atingida.

2.1 Serviços ambientais

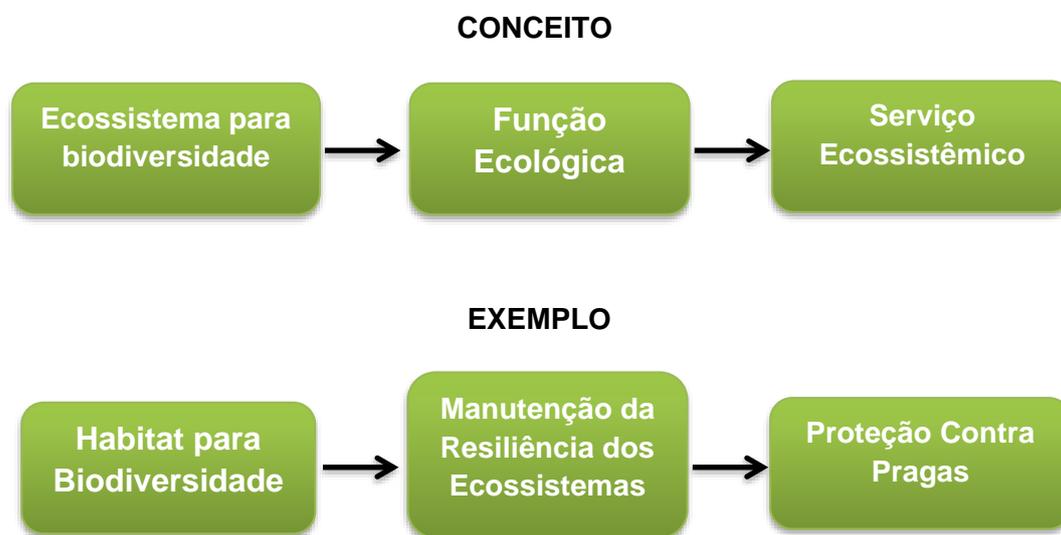
Os recursos naturais e os serviços resultantes do seu funcionamento são responsáveis pelo bem-estar humano e o abastecimento do sistema econômico. Portanto, qualquer alteração no equilíbrio do ecossistema pode gerar consequências diretas ou indiretas sobre os benefícios e a qualidade ambiental da população humana (BURKHARD *et al.*, 2012; COSTANZA *et al.*, 1997a; DAILY, 1997).

Segundo a Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica (CDB), os ecossistemas são um “complexo dinâmico de comunidades vegetais, animais e de micro-organismos e o seu meio inorgânico que interagem como uma unidade funcional”. Nesse sentido, diversos processos naturais ocorrem nos ecossistemas, gerando complexas interações entre os seus elementos bióticos e abióticos, através das forças universais de matéria e energia. Tais processos são responsáveis pela sobrevivência das espécies no nosso planeta por meio do fornecimento de bens e serviços, que de modo direto ou indireto atendem as necessidades humanas. Esses provimentos, uma vez conhecidos e identificados os seus benefícios para a sociedade, serão classificados como serviços ecossistêmicos (DE GROOT *et al.*, 2002).

Segundo Constanza *et al.* (1997), os serviços ecossistêmicos “compreendem o fluxo de materiais, energia e informações dos estoques de capital natural, que combinados com o capital manufaturado e humano

produzem o bem-estar humano.” As funções dos ecossistemas e a sua relação com suas funções e serviços, são descritas na Figura 1.

Figura 1 – Funções dos ecossistemas e serviços relacionados.



Fonte: Adaptado de Constanza *et al.* (1997).

Segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (*MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT*, 2005), os serviços ecossistêmicos podem ser divididos em: Serviços de Provisão; Serviços Reguladores; Serviços Culturais; e, Serviços de Suporte. Conforme apontados no Quadro 1.

Quadro 1 – Os serviços ecossistêmicos ou serviços ambientais.

Serviços de Provisão
São aqueles relacionados com a capacidade dos ecossistemas em prover bens, sejam eles alimentos (frutos, raízes, pescados, caça, mel); matéria-prima para a geração de energia (lenha, carvão, resíduo, óleos); fibras (madeiras, cordas, têxteis); fitofármacos; recursos genéticos e bioquímicos; plantas ornamentais e água.
Serviços Reguladores
São os benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana, como a purificação do ar, regulação do clima, purificação e regulação dos ciclos da água, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, desintoxicação e controle de pragas e doenças.

Serviços Culturais
Estão relacionados com a importância dos ecossistemas em oferecer benefícios recreacionais, educacionais, estéticos e espirituais.
Serviços de Suporte
São os processos naturais necessários para que os outros serviços existam, como a ciclagem de nutrientes, a produção primária, a formação de solos, a polinização e a dispersão de sementes.

Fonte: Adaptado da Avaliação Ecosistêmica do Milênio, 2005.

As práticas conservacionistas e o manejo sustentável dos ecossistemas têm um papel fundamental no fornecimento dos serviços ambientais. Essas ações beneficiam tanto as comunidades urbanas quanto as rurais, pois ambas, necessitam desses serviços para a sua sobrevivência.

O Brasil devido a sua diversidade de biomas (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), sendo alguns existentes somente aqui no território brasileiro, como é o caso da Caatinga, a população brasileira depende dos serviços ambientais ofertados por esses ecossistemas. Mais não é só a população regional e local, que se beneficia de tais serviços, a comunidade global também é favorecida, principalmente com as atividades de proteção de recursos genéticos, da beleza cênica, da proteção de espécies endêmicas, e da mitigação das mudanças climáticas.

2.2 Desastres ambientais

A identificação de um desastre natural envolve duas características importantes, podendo ocorrer, de forma combinada ou não. A primeira ocorre quando se é interrompido de forma brusca, o cotidiano normal de uma comunidade ou sociedade, havendo perdas materiais, econômicas, ambientais e na saúde da população simultaneamente. A segunda está relacionada com a ampliação das perdas e dos danos da comunidade ou sociedade para além dos

limites do local do acidente por meio da utilização dos seus recursos próprios. (EIRD, 2004; NARVÁEZ e col., 2009).

Para a ocorrência de um desastre ambiental, se faz necessário a junção de ameaças (naturais e/ou tecnológicas), exposição, condições de vulnerabilidade, insuficiente capacidade ou medidas para reduzir as consequências negativas e potenciais do risco. (NARVÁEZ e col., 2009).

Segundo (Scheuren, et. al. 2008) e o Relatório Estatístico Anual do EM-DAT (*Emergency Disasters Data Base*, 2009) para a configuração de um desastre natural, deve ocorrer pelo menos um dos seguintes critérios:

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência;
- Pedido de auxílio internacional.

Ainda sobre a classificação dos desastres, (Alcântara-Ayala, 2002; Castro, 1999; Kobiyama *et al.* 2006, Marcelino, 2008) apresentam outros critérios, estes estão relacionados com sua origem e a sua intensidade. Conforme apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Origens dos desastres ambientais.

QUANTO À ORIGEM	
Naturais	Antropogênicos
Causados por fenômenos e desequilíbrios das naturezas independentes da ação humana. Em geral, todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana. Exemplo: chuvas intensas provocando inundações, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado e furacão etc.	Resultantes de ações ou omissões humanas e estão relacionados com as atividades do homem, como agente ou autor. Exemplos: acidentes de trânsito, incêndios urbanos, contaminação de rios, rompimento de barragens etc.

Fonte: Adaptado de Alcântara-Ayala, 2002; Castro, 1999; Kobiyama *et al.* 2006; Marcelino, 2008.

Outro critério de classificação é referente a intensidade do desastre sobre a área atingida, cujo objetivo é o planejamento de resposta e a recuperação da área atingida. Conforme apresentado na Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos desastres em relação á intensidade.

NIVEL	INTENSIDADE	SITUAÇÃO
I	Desastres de porte, também chamados acidentes, onde os impactos causados são poucos importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% do PIB municipal)	Facilmente recuperável com os recursos do município.
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízo entre 5% e 10% do PIB municipal)	Superável pelo município, desde que, envolva uma mobilização e administração especial
III	De grande intensidade e de prejuízos vultosos. (Prejuízo entre 10% e 30% do PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser estabelecida com recursos locais, desde de que, complementado com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência – SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízo maior que 30% do PIB municipal)	Não é superável pelo município sem ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública – ECP).

Fonte: Modificado de Kobiyama *et.al*, 2006).

Nos últimos anos, houve um aumento expressivo dos episódios de desastres ambientais, passando de 50 registros por ano na década de 70, para 350 em 2008 e 500 em 2005. Os estragos deixados no nosso planeta em decorrência desses desastres eram de 5 bilhões no ano 1975, em 2008 chegou a 180 bilhões e no ano de 2005 chegou aos 210 bilhões.

2.3 Dano ambiental

A palavra dano é originária do latim *damnu*, e pode ser considerado como todo e qualquer evento nocivo e prejudicial que acarrete na alteração, diminuição ou ainda na inutilização de um bem de interesse alheio e juridicamente protegido.

Quanto ao dano ambiental, a legislação brasileira ainda não chegou a um consenso de sua definição, contudo, seus conceitos poderão ser entendidos por meio da definição de degradação e poluição retirada da Lei N°

6.938/81: “[...] dano ambiental como a poluição, a degradação da qualidade ambiental e a alteração adversa das características do meio ambiente de forma direta ou indireta” (Art. 3º, II).

Segundo Milaré (2005, p. 735), “dano ambiental é a lesão aos recursos ambientais com conseqüente degradação – alteração adversa ou *in pejus* – do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida”. Por sua vez, este é classificado como patrimonial e extrapatrimonial; o primeiro consiste no dano físico e direto ao meio ambiente, havendo a obrigação de recuperação ou indenização ao bem ambiental lesado e, o segundo, decorre de uma lesão ao meio ambiente, no qual, não se tem uma percepção econômica e sim subjetiva.

Nesse contexto, Leite (2003, p. 93) faz-se necessário salientar que o dano extrapatrimonial poderá ser coletivo, quando se refere ao macrobem ambiental, ou ainda, reflexo, quando envolve interesses a título individual. Ressalte-se que, em muitos casos, a compensação patrimonial de determinado dano é praticamente impossível.

Assim, constatado o dano, é necessária a sua reparação, devido ao acometimento causado a um bem de interesse coletivo e não a um único indivíduo. Fica evidente que, o direito ao meio ambiente sadio é condição necessária à sobrevivência da espécie humana, embasado nas indivisibilidades fundamentais para o desenvolvimento da humanidade.

No âmbito privado, é comum associar o dano a uma lesão ao patrimônio de alguém, sendo objetivo reparar o dano por meio de indenizações pecuniárias, do que buscar a reparação do meio natural. Tais situações chegam a ser constatadas antes mesmo nos casos de danos extrapatrimoniais (subjetivos).

Complementarmente, a ocorrência do dano ambiental *in natura*, caracteriza-se tecnicamente, em regra, como de impossível restauração do ecossistema às mesmas características de outrora. Restando a recuperação, se for possível; ou compensação ambiental - medidas mitigadoras específicas, com o intuito de aproximar ao máximo o ecossistema degradado das suas condições originais.

Características dos danos ambientais

A literatura a respeito do tema considera como identificáveis:

- a) Peculiares – exigem medidas específicas para a sua a reabilitação, compensação ou ainda a sua indenização;
- b) Tolerados socialmente - sem a necessidade de aplicação de alguma medida reparadora, compensatória ou ainda indenizatória, por exemplo: a supressão vegetal de um terreno particular ou publico para uso alternativo do solo, mediante autorização do órgão ambiental fiscalizador.

Insere-se, o fato de que, nem toda atividade antrópica impactante ao meio ambiente, traduz-se como dano ambiental, mas, tão somente, àquelas que ultrapassarem a capacidade natural de resiliência ambiental.

2.3.1 Poluidor

A partir do Art. 225 da Constituição Federal, no qual, conceitua que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, podemos extrair os critérios para identificar os passivos numa ação de responsabilidade civil por dano ambiental.

Com isso, os conceitos de poluidor, poluição e degradação ambiental do Art. 3º da Lei n. 6.938/81 foram recepcionados pela Constituição Federal de 1988 estabelecendo as vertentes conceituais do que vem a ser degradação da qualidade ambiental, poluição e poluidor etc.: “[...] poluidor como qualquer pessoa (física ou jurídica), de direito público ou privado, que direta ou indiretamente, independente da atividade desenvolvida, possa a vir ocasionar degradação ambiental” (Art. 3º, IV).

Enfim, embutem-se nos conceitos em tela todos os benefícios que são abrangidos pela qualidade ambiental: a saúde, a segurança, o bem-estar da população, as condições normais das atividades sociais e econômicas, a preservação do meio biótico (organismos vivos) e abiótico (componentes físicos e químicos), a manutenção da paisagem e a existência e o respeito aos padrões ambientais estabelecidos.

2.3.2 *Protetor ambiental*

O protetor ambiental é o oposto do Poluidor, pois defende que as pessoas (físicas ou jurídicas) responsáveis pela preservação ambiental devem ser agraciadas como beneficiários de alguma natureza, pois estão colaborando com a sociedade para um meio ambiente ecologicamente equilibrado (AMADO, 2014, p. 103-104).

O termo definido anteriormente, é um dos princípios (protetor-recebedor) do direito ambiental, estando previsto na Constituição Federal de 1988. Para consolidação deste princípio, o novo Código Florestal Brasileiro (Lei Nº 12.651/2012), em seu Art. 41º, prevê um programa de apoio e incentivo à preservação e recuperação do meio ambiente, através de pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem serviços ambientais (AMADO, 2014). Dentre esses serviços, podemos destacar:

Portanto, existiria, para aquelas pessoas que atuam em defesa do ambiente natural, uma espécie de compensação pela prestação dos serviços ambientais, de modo, a promover uma verdadeira justiça ambiental.

Essa compensação seria feita, por meio dos Pagamentos por Serviços Ambientais (PSAs), onde seriam adotadas novas medidas de preservação ambiental, de modo a proporcionar benefícios compensatórios aos seus fornecedores, embora, não possuam o seu direito de propriedade definido, pois são bens públicos, de uso comum e dotados de valor econômico. (CEZAR; ABRANTES, 2003).

No Brasil, as experiências com os PSAs foram bem sucedidas, por terem sido aplicados como um estímulo para a gestão sustentável dos recursos

naturais e promover a melhoria do bem-estar da sociedade. Dentre essas melhorias, podemos destacar: a criação e desenvolvimento de novos mercados para os serviços ambientais, a promoção da participação dos seus fornecedores e compradores desses serviços de forma voluntária e a junção das políticas públicas nos seus mais diversos setores. (HERCOWITZ *et al.*, 2011; SANTOS e VIVAN, 2012).

Ainda, este princípio define que todas as medidas de antecipação e prevenção de possíveis danos devem ser adotadas para que se possam reduzir os possíveis impactos ambientais e sociais futuros das atividades atuais.

2.3.3 *Reparação ambiental*

Seguro ambiental

Nos Estados Unidos e da Inglaterra, a promoção do seguro ambiental, tem sido uma forma importante de garantir a reparação integral ou parcial do dano. Porém, muito pouco usado aqui no Brasil, embora seja instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938 de 1981).

Com o objetivo da reparação do dano ambiental, o Superior Tribunal de Justiça brasileiro vem aplicando o Princípio da Reparação Integral nas ações civis públicas, com o intuito de barrar quaisquer margens de lucro para os responsáveis. Deste modo, de forma segura, a valoração do dano ambiental ponderará a gravidade do impacto ao ambiente natural, sua resiliência e o bem-estar coletivo das pessoas.

A compensação ou indenização do dano ambiental poderá ser feita de duas maneiras. A primeira ocorre através da reparação natural (*in natura*), ou seja, na própria área que sofreu degradação, ou ainda, a compensação pode ocorrer em uma área específica inerente a que foi impactada anteriormente. A segunda, se dá, por meio do ressarcimento em dinheiro, no qual, terá que ser aplicado prioritariamente na área lesada. (BRASIL, 1981) art. 4º, VI, da Lei n. 6.938/81.

Compreendido o sentido empregado ao termo reparação ambiental, passemos a identificar as novas medidas de preservação ambiental: Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs).

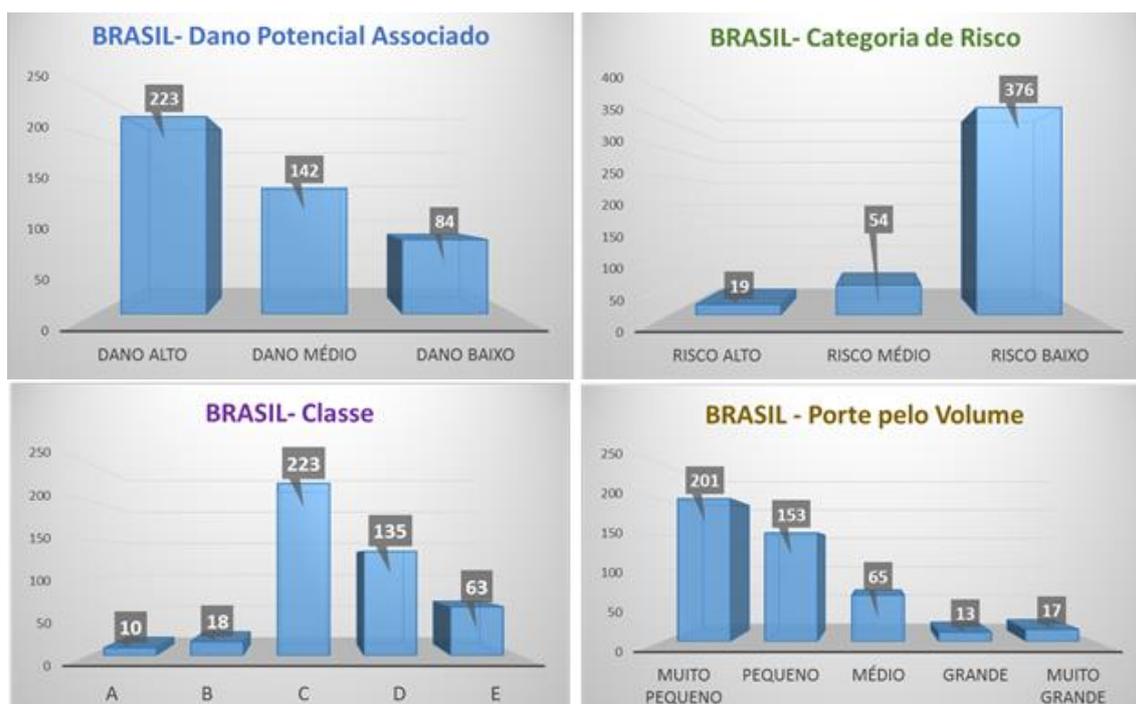
Desde do ano de 2016, as empresas causadoras de desastres ambientais, tem praticado, em acordo com os órgãos ambientais a criação de organizações não governamentais privadas e sem fins lucrativos para reparar os impactos ocasionados ao meio ambiente.

No caso do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana-MG, não foi diferente, onde, por meio de um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) foi criada a fundação RENOVA, com o intuito de implementar e gerir os programas de reparação e reconstrução das áreas atingidas após o rompimento da barragem de Fundão.

3 BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO BRASIL

Atualmente, no Brasil, segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2016) existem 839 barragens de mineração, sendo que, 449 estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e 390 não inseridas na referida política. Tais estruturas são construídas dos mais variados tamanhos e destinadas a diferentes usos, como: contenção de rejeitos de mineração, acumulação de água, geração de energia, aterros ou diques para retenção de resíduos industriais, entre outros. As barragens são classificadas de acordo com o seu dano potencial associado, categoria de risco, sua classe e seu porte pelo volume. Conforme apresentados respectivamente na Gráfico 1.

Gráfico 1 – Classificação das barragens no Brasil.



Fonte: DNPM, 2016

A manutenção das barragens é determinada com base nas suas dimensões e no seu uso. Poucas são construídas obedecendo às normas e padrões de segurança internacionais, enquanto que outras excedem os limites de segurança estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores, apresentando inclusive, sérios riscos de rompimento da sua estrutura, podendo ocasionar impactos

ambientais irreversíveis, como o ocorrido recentemente na cidade de Mariana, no estado de Minas Gerais, objeto de estudo deste trabalho.

Segundo a Lei Nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), define barragem como:

“qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas”.

Ainda em consonância com a referida legislação, as barragens de mineração inseridas na PNSB devem apresentar pelo menos uma das seguintes características:

- I - altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);
- II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV - categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

Em 2001, após o rompimento da barragem da Rio Verde Mineração, no estado de Minas Gerais, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), que é o órgão ambiental fiscalizador, começou a fazer um levantamento da quantidade e dos tipos de barragens existentes no estado.

No ano de 2002, a FEAM desenvolveu o Programa de Gestão de Barragens de Rejeitos e Resíduos com o objetivo de reduzir o risco de danos ambientais em decorrência de acidentes nessas estruturas, seguindo as diretrizes das Deliberações Normativas (DN) aprovadas e publicadas no mesmo ano pelo Conselho Estadual de Política Pública (COPAM). São elas: DN COPAM 62/2002, que foi alterada pela DN COPAM 87/2005 e pela DN COPAM 113/2007, DN COPAM 124/2008, DN COPAM 131/2009.

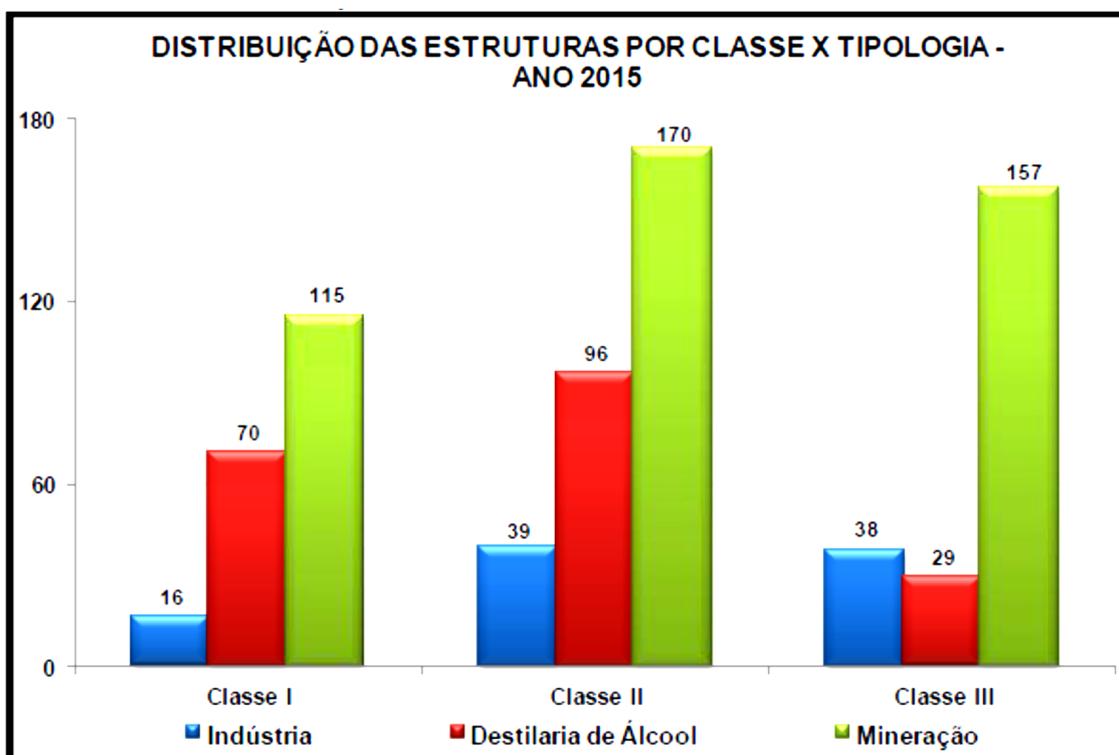
As DN dispõem sobre os critérios de classificação das barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no estado de Minas Gerais. Os critérios de classificação dessas deliberações, estabelece as classes (I, II e III)

do potencial dano ambiental em caso de uma ruptura e estipula as suas consequências.

O Banco de Dados de Barragens (BDA) da FEAM, em 2015, exibiu 730 estruturas cadastradas no estado de Minas Gerais. Dessas, 85 estruturas não apresentaram a Declaração de Condição de Estabilidade, conforme preconiza a DN COPAM 87/2005.

No Gráfico 2, faz-se um comparativo entre os tipos de barragens e suas respectivas classes de risco que podem provocar danos ambientais, fica evidente o enorme potencial da atividade mineradora presente no estado de Minas Gerais.

Gráfico 2 – Barragens cadastradas no BDA considerando a sua classe e a sua tipologia.



Fonte: Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais, 2015.

Embasado (BDA, 2015), pode-se elaborar um gráfico com a distribuição das barragens de acordo com a localização da sua bacia hidrográfica. Conforme apresentado no Gráfico 3. A bacia do Rio Doce possui 125 estruturas em sua área de atuação, ficando atrás apenas da bacia do Rio São Francisco e a bacia do Rio Grande, respectivamente.

Gráfico 3 – Distribuição das estruturas cadastradas no BDA divididas por Bacia Hidrográfica.

Fonte: Inventário de Barragem do Estado de Minas Gerais, 2015.

3.1 Desastres naturais no Brasil

A partir da década de 60, acompanhando o crescimento mundial, o Brasil, registrou também um aumento do número de ocorrências de desastres naturais. Segundo dados do EM-DAT, durante a década de 90 até o início do século XXI, foram registradas 289 ocorrências desses desastres no território brasileiro, contudo, tais dados apresentam uma discrepância quando comparados com a realidade, conforme mencionados por Marcelino *et al.* (2006).

Nos últimos anos, devido a ausência de políticas públicas de planejamento urbano e em decorrência do intenso processo de urbanização das cidades, que ocorreu e ainda ocorre de forma desordenada, favoreceu a ocupação de áreas consideradas de risco, como as encostas dos morros e margens de rios. Tais ocupações, contribuíram para o aumento do número de episódios de desastres naturais no Brasil.

Vale ressaltar que, as ações antrópicas, como o desmatamento, aterramentos, disposição inadequada de resíduos, construções irregulares,

também aumentaram a ocorrência dos desastres naturais. Segundo Fernandes *et al.*, (2001); Carvalho e Galvão (2006); Lopes (2006) e Tominaga (2007), devido a essas ações e o adensamento desordenado dessas áreas de risco, quando há a ocorrência desses eventos, os mesmos, podem assumir dimensões catastróficas, gerando grandes perdas econômicas, sociais e culturais.

Nesse sentido, podemos observar que, o Brasil possui uma relação muito íntima entre os avanços da degradação ambiental, a intensidade dos impactos dos desastres e o aumento da vulnerabilidade humana (MAFFRA E MAZZOLA, 2007)

Os desastres naturais que ocorrem com maior frequência no território brasileiro são: os de natureza hidrológica, como as enchentes e inundações, os deslocamentos de massas, que provocam os desabamentos e soterramentos de casas e os de caráter meteorológicos, como os vendavais e até mesmo tornados. Também podemos destacar outros desastres, como o processo erosivo e o de desertificação.

Segundo Kobiyama *et al.* (2006); Carvalho & Galvão (2006) as regiões brasileiras de maior incidência de desastres ambientais são a região Sudeste, que abrange os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo; a região Sul, com maior destaque para Santa Catarina e Paraná; e a região Nordeste, onde podemos realçar os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Paraíba e Ceará.

O Brasil, objetivando mitigar e prevenir os desastres naturais, criou a Proteção e a Defesa Civil, que foi legalmente constituída pela Lei nº 12.608/2012 e está estabelecida em um sistema chamado Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), no qual é composto por um conjunto de órgãos multi-setoriais cuja atuação se dá sob um conceito matricial com dinâmica vertical e horizontal, em todo o território nacional. Esse sistema, está vinculado ao Ministério da Integração Nacional e tem como foco ações preventivas, assistenciais, de socorro e reconstrução, com o intuito de preservar a moral da população e restabelecer a normalidade social.

Objetivando clarear como os desastres afetam a relação entre os sistemas naturais e econômicos, apropriamos a este trabalho a área da Economia Ecológica, cuja essência é a busca da sustentabilidade entre estes dois sistemas.

3.2 Política pública ambiental

Segundo Thomé (2012, p.813-814) o Poder Público tem o objetivo de evitar que danos ambientais ocorram futuramente, através de mecanismos que conferem aqueles que realizam atividades que necessitam de recursos naturais, precaução ao realizar suas funções.

Estas determinações originam-se do fato que os bens públicos são não-exclusivos e não-rivais. O primeiro, diz respeito ao fato de que, a utilização de bens públicos (água, ar, fauna e flora), exclusivamente por uma pessoa é difícil de acontecer. Já a segunda, está baseada no fato de que, um bem público, pode ser usufruído por uma pessoa, sem privar as demais (MOTTA; RUITENBEEK; HUBER, 1996, p. 11-12).

Dessa forma, entende-se que o acesso aos bens públicos (não-exclusivos e não-rivais) podem ser utilizados por toda a sociedade.

Segundo Campos (2011), vale ressaltar:

O equacionamento da questão ambiental passa pelo enfrentamento da existência de externalidades na atividade econômica e na utilização dos bens de uso comum que não possuem direitos de propriedade bem definidos.

Nesse sentido, a utilização dos bens públicos, no âmbito econômico, necessita de estimar o valor monetário direto, pois não há sua adição no processo produtivo, passando os custos originados na degradação ambiental para a coletividade (GERENT, 2006).

Em contrapartida, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO-92), anunciou princípios norteadores do desenvolvimento sustentável, objetivando impedir que, as consequências das atividades poluidoras sejam arcadas pela sociedade. Dentre os princípios divulgados, podemos destacar o de número 16 (dezesseis), no qual, dispõe que:

As autoridades nacionais devem procurar promover a internacionalização dos custos ambientais e o uso de instrumentos econômicos, tendo em vista a abordagem segundo a qual o poluidor deve, em princípio, arcar com o custo da poluição, com a devida atenção ao interesse público e sem

provocar distorções no comércio e nos investimentos internacionais. (ONU, 1992).

Portanto, a jurisprudência que rege o desenvolvimento econômico “deve estar diretamente relacionadas com a proteção do meio ambiente” (THOMÉ, 2012, p. 807-808).

O Poder Público, no que diz respeito a proteção ambiental, dispõe de duas formas de antecipar a regulação do meio ambiente: instrumentos de comando e controle e instrumentos econômicos, apresentados a seguir.

3.2.1 *Instrumentos de comando e controle (ICCs)*

Os ICCs têm como objetivo, o cumprimento de normas pré-estabelecidas pelo Estado, em setores econômicos, para que seja possível realizar determinada atividade dentro da legalidade (GRAU NETO, 2011, p. 2).

Vale destacar que, “o direito ambiental brasileiro tem sua estrutura fundada essencialmente em mecanismos de comando-e-controle” (ALTMANN, 2008, p. 29), ou seja, “em sanções negativas, [...] de natureza punitiva” (FELL; TREMÉA, 2008, p. 1), dentre as quais se destacam as infrações administrativas, penais e de responsabilidade civil pelos danos causados ao meio ambiente (ALTMANN, 2008, p. 29).

Durante a fiscalização das atividades poluidoras, o Estado interfere de modo indireto no domínio econômico, objetivando o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e o sustentável (THOMÉ, 2012, p. 815).

Para garantir a preservação do meio ambiente, a adoção de instrumentos econômicos (IEs), aparece como alternativa à utilização de mecanismos de comando-e-controle. Os IEs, onde se enquadram os PSAs, destacam-se por mudar a forma de atingir a proteção ambiental, sendo a sua discussão, fundamental para que estes instrumentos sejam aplicados de forma eficaz.

4 ESTUDO DE CASO: o rompimento da Barragem de Fundão

O Estudo de Caso abordado neste trabalho, compreende uma investigação mais aprofundada e sistemática dos impactos ambientais gerados após o rompimento da barragem de Fundão.

Impactos econômico-ambientais causados à economia e ao ecossistema na região, em foco, o município de Mariana - Barragem de Fundão, Estado de Minas Gerais.

Delimitado ao município de Mariana, barragem de Fundão, a cidade é banhada pelo Rio do Carmo e os afluentes Gualaxo do Norte e Gualaxo do Sul, dista 122 km da capital Belo Horizonte no Estado de Minas Gerais.

A estrutura do estudo de caso apresentado a seguir, está em conformidade com alguns trabalhos acadêmicos disponíveis no repositório institucional da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Dentre esses trabalhos, podemos destacar: (SILVA *et al.*, 2008; SOUZA, 2014).

4.1 Área de estudo

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Mariana apresenta:

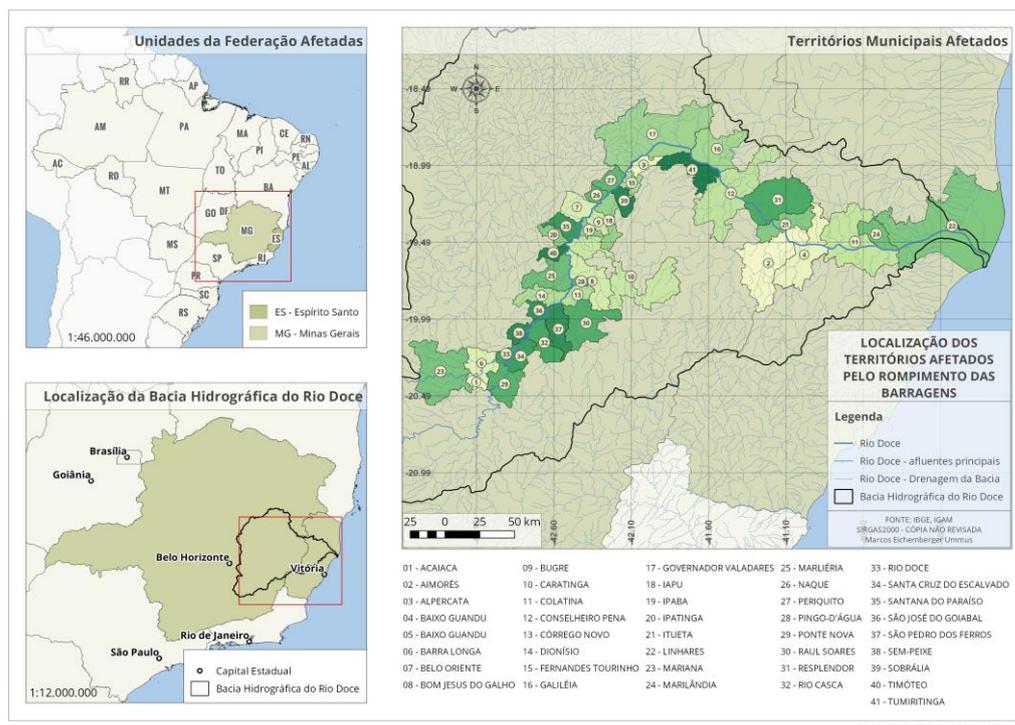
- População estimada (2017): 59.857 habitantes;
- Área da unidade territorial (2016): 1.194,208 km²;
- População no último censo (2010): 54.219 habitantes;
- Renda per capita: R\$ 10.984,96;
- Principais atividades econômicas: Mineração, turismo cultural e comércio;
- Arrecadação, município de Mariana: 89% provêm da atividade de mineração (FJP, 2016);
- Relevo: ondulado com presença de montanhas;
- Clima: Tropical de altitude úmido;
- Temperatura média anual: 19°C.

Barragem de Fundão, conforme IBAMA (2015):

- Cota 920m – Licença Prévia e Licença de Instalação, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais, 2015;
- Volume de material depositado (acidente): 55 milhões de m³.

Na tarde do dia 5 novembro de 2015, a barragem de rejeitos de Fundão, de propriedade da Samarco Mineração S.A., que é controlada pelas multinacionais BHP Billiton Brasil LTDA (50%) e a Vale S.A. (50%) e que está localizada na unidade industrial de Germano, no subdistrito de Bento Rodrigues, no Município de Mariana, na Região Central de Minas Gerais, rompeu, lançando aproximadamente 55 milhões de m³ de rejeitos de minério de ferro no vale do córrego Santarém e dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. Este último, deságua no oceano Atlântico, atingindo sua foz, no distrito de Regência, município de Linhares, no estado do Espírito Santo. Conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Percurso da passagem do rejeito.



FONTE: GIAIA, 2015.

Em cerca de 40 minutos, esse rejeito atingiu a barragem de Santarém logo a jusante, causando seu galgamento e deslocando-se outros 2 km até o distrito de Bento Rodrigues, destruindo-o quase que totalmente. Conforme apresentados nas Figuras 3, 4 e 5 respectivamente.

Após a sua passagem pelo distrito, a onda de lama percorreu mais 55 km através do rio Gualaxo do Norte até atingir o rio do Carmo. Neste último, os rejeitos percorreram outros 22 km até seu encontro com o rio Doce.

Em 21 de novembro de 2015, 16 dias após o rompimento da barragem, os rejeitos, carregados pelo leito do Rio Doce, chegam ao município de Linhares, no estado do Espírito Santo, totalizando 680 km de corpos hídricos diretamente impactados, o que qualifica o episódio como o maior desastre ambiental da história da mineração no Brasil, com barragens de rejeitos (AZEVEDO, 2016).

Figura 3 – Localização da Barragens de Germano, Fundão, Santarém e do distrito de Bento Rodrigues antes do rompimento da barragem de Fundão.



Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 4 – Situação da Barragens de Fundão, Santarém e do distrito de Bento Rodrigues após do rompimento da barragem de Fundão.



Fonte: Google Earth, 2018.

Figura 5 – Distrito de Bento Rodrigues após o rompimento da barragem de Fundão.



Fonte: Wikipedia, 2015.

Segundo a SAMARCO (2015), por meio de uma nota publicada logo após o rompimento da barragem, informou que o rejeito armazenado é inerte, sendo composto basicamente por sílica (areia) em decorrência do processo de beneficiamento do minério de ferro e não há nenhum elemento químico prejudicial a saúde.

Contudo, segundo informações do Alto Comissariado das Nações Unidas para Direitos Humanos (2015), os rejeitos armazenados na Barragem de Fundão, eram compostos por resíduos de minério de ferro, contendo altos níveis de metais pesados e produtos químicos tóxicos, que podem causar prejuízos à saúde humana ou ao meio ambiente, mesmo em pequenas quantidades. Dentre os produtos químicos, podemos destacar o hidróxido de sódio (soda cáustica), acetato de eteramina e o floculante *Mafloc14*.

Tal fato é corroborado pelos moradores do distrito de Bento Rodrigues, que logo após o desastre, os mesmos ficaram isolados e relataram sentir irritação na garganta e um forte cheiro de soda cáustica saindo da lama. Esse produto ocasiona irritação nos olhos, nas mucosas, na pele, no trato

respiratório, podendo mesmo causar ulcerações nas passagens nasais (CDC, 2015).

Vale ressaltar que, além dos impactos imediatos ocasionados pelo rompimento da barragem, há diversos impactos de médio e longo prazo sofridos pelo ambiente natural e pelas pessoas afetadas direta e indiretamente pelo desastre. Esses impactos estão intimamente ligados as características físico-químicas do rejeito da barragem, como também, a biota local e as atividades econômicas desenvolvidas ao longo da bacia do Rio Doce e seus afluentes.

Nesse sentido, e ponderando que a zona de influência do desastre ambiental de Mariana abrange quase que por completa a bacia do Rio Doce e a zona costeira do estado do Espírito Santo, uma vez que a onda de rejeitos desaguou no Oceano Atlântico por meio da foz do rio Doce em Regência, município de Linhares-ES. O presente trabalho, analisará os principais impactos socioambientais provocados pelo rompimento da barragem de Fundão na bacia do Rio Doce em escala microrregional.

4.1.1 *Avaliação dos impactos socioambientais na bacia do Rio Doce em escala microrregional*

Os impactos socioambientais provocados pela onda de rejeitos provenientes do rompimento da Barragem de Fundão serão avaliados em escala microrregional, levando em consideração os danos causados as comunidades atingidas nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa do Cruz do Escalvado.

Para tanto, os impactos serão avaliados de acordo com o seu tipo de dano: ambiental, material e humano, permitindo uma melhor compreensão dos danos gerados pelo desastre.

4.1.1.1 Danos ambientais

Em decorrência da magnitude e abrangência dos impactos ocasionados pelo rompimento da barragem de Fundão. Os danos ambientais serão divididos em subcategorias. São elas: danos na qualidade e disponibilidade da água, danos da qualidade e disponibilidade do solo e danos na biodiversidade.

Água

Os danos sobre a qualidade e disponibilidade da água são os mais relevantes, uma vez que, seus impactos são imediatistas e de maior expressão visual e territorial, sendo a sua qualidade essencial para o abastecimento de forma segura da população, como também, a manutenção de outras atividades, como a pesca, a agricultura e a navegação. As principais fontes de informação sobre a qualidade e disponibilidade da água, bruta ou tratada, logo após o desastre, utilizadas neste trabalho, são provenientes dos monitoramentos e análises realizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2015) e pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA, 2015).

Os principais impactos ocasionados a qualidade da água do Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e Rio Doce são:

- alterações dos padrões físico-químicos (índices de turbidez e metais pesados além do permitido pela legislação);
- Comprometimento das nascentes;
- Interrupção do abastecimento de água;
- Perda da capacidade natural de transporte das partículas em suspensão em direção à sua foz, ocasionado o assoreamento no leito e nas margens dos rios.

As principais fontes de informação sobre a qualidade e disponibilidade da água, bruta ou tratada, são os monitoramentos e análises realizados pelo IGAM e pela COPASA. Foram analisados aspectos como turbidez, alterações físico-químicas e afetação de nascentes, permitindo concluir que a água bruta

apresenta turbidez e características físico-químicas discrepantes da média histórica e fora dos padrões estipulados pelas normas para consumo, e que a água tratada se encontra dentro dos parâmetros considerados seguros para consumo.

Solo

Segundo dados da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD, 2015), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EMBRAPA, 2015) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA, 2015), os principais danos sobre a qualidade e disponibilidade do solo, diz respeito às suas características físico-químicas. Desse modo, foram elencados os seguintes problemas:

- Processos abrasivos recobertos pela deposição de sedimentos
- Alteração/modificação nas feições pedogeomorfológicas
- Metais pesados no solo
- Compactação do material depositado pelo rompimento das barragens
- Fertilidade do solo
- Degradação e erosão do solo potencializada pelo período chuvoso

Biodiversidade

Com base nas informações da SEMAD (2015) e do IBAMA (2015) e também devido à complexidade e a extensão dos danos causados a fauna e a flora, serão apresentados neste item, os impactos mais discutidos até o presente momento na escala microrregional:

- Impactos sobre cobertura vegetal: perda de aproximadamente 374,81 ha de cobertura florestal ciliar (área superior à do Parque Mangabeiras). Os impactos se concentraram ao longo das calhas dos Rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, que estão a montante da UHE de Candonga. A

jusante da usina, somado ao valor anterior, estima 1.026,65 ha de cobertura vegetal atingida, com 126,37 ha de Mata Atlântica.

- Modificação da paisagem
- Impactos na fauna: Mortandade de peixes; Impactos na reprodução de aves da Unidade de Conservação – UC e seu entorno, especialmente as aquática; Consumo de peixes mortos e, possivelmente, contaminados por aves aquáticas da UC e seu
- Entorno; Mortandade de mamíferos como lontra e capivaras; Comprometimento da locomoção de animais silvestres
- Interferência na dinâmica dos recursos hídricos dentro dos limites do Parque Estadual do Rio Doce
- Interferência em Área de Proteção Ambiental (APA): mortandade de animais, destruição de matas ciliares e assoreamento dos rios que cortam as Unidades de Conservação.
- Interferência na dinâmica dos recursos hídricos dentro dos limites do Parque Estadual Sete Salões.

4.1.1.2 Danos materiais

Infraestrutura

Neste item, serão abordados os principais impactos e prejuízos inerentes a infraestrutura pública ou privada que foram danificadas ou destruídas pela onda de rejeito. Esses danos, ocorreram entre a barragem de Fundão e a barragem de Candonga, já no município de Rio Doce.

Com base nos formulários disponibilizados pela Força Tarefa do Estado de Minas Gerais aos municípios afetados para levantamento dos danos ocasionados pela onda de rejeitos, várias localidades ficaram sem possibilidade de acesso por terra, em virtude da queda de pontes e excesso de rejeito nas estradas, o que impediu, inclusive, a visita de equipes de levantamento das perdas.

Ainda, segundo os formulários municipais enviados a Força Tarefa, as maiores perdas ocorreram nos municípios de Mariana, Barra Longa e Santa Cruz do Escalvado, onde foram destruídas ou danificadas diversas unidades

habitacionais principalmente nos distritos de Bento Rodrigues, com 82% das edificações atingidas e Paracatu de Baixo. Mas também foram destruídas unidades básicas de saúde, quadra poliesportiva, pontes, estradas, ruas, escolas e sedes de associações comunitárias. Conforme apresentados na Tabelas 1 e 2.

Contudo, dos quatros municípios atingidos pela onda de rejeitos, o município do Rio Doce foi o único a não apresentar danos em unidades habitacionais. Todavia, o mesmo sofreu avarias em um equipamento público de uso comunitário, no caso o lago de Candonga no qual, era frequentado por pescadores e turistas. Conforme apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Danos a Infraestrutura de unidades habitacionais.

Municípios Atingidos pela Barragem	Danos Materiais a Infraestrutura.							
	Unidades Habitacionais			Instalações Públicas De Saúde		Instalações Públicas De Ensino		
	Destruída	Danificada	Valor Estimado De Perdas (R\$)	Destruída	Valor Estimado De Perdas (R\$)	Destruída	Danificada	Valor Estimado De Perdas (R\$)
Mariana	349		51.756.700,00	2	380.715,00	4		4.383.625,00
Barra Longa	40	93	2.657.600,00			2	1	700.000,00
Rio Doce			-		-			-
Santa Cruz Do Escalvado		1	60.000,00					
TOTAL	389	94	54.474.300,00	2	380.715,00	6	1	5.083.625,00

Fonte: Adaptado dos formulários municipais encaminhados à Força-Tarefa.

Tabela 2 – Danos a Infraestrutura de instalações públicas.

Municípios Atingidos pela Barragem	Danos Materiais a Infraestrutura.					
	Instalações Públicas de Uso Comunitário			Obras de Infraestrutura Públicas		
	Destruídas	Danificadas	Valor Estimado De Perdas (R\$)	Destruídas	Danificadas	Valor Estimado De Perdas (R\$)
Mariana	11		7.392.541,00	26		39.574.450,00
Barra Longa	2		800.000,00	6		5.400.000
Rio Doce		1	400.000.000,00		1	500.000,00
Santa Cruz Do Escalvado					1	150.000,00
TOTAL	13	1	408.192.541,00	32	2	45.624.450,00

Fonte: Adaptado dos formulários municipais encaminhados à Força-Tarefa.

Vale ressaltar ainda, por meio dos formulários municipais disponibilizadas por entidades como EMATER, DEFESA CIVIL, IBAMA, CEMIG, a existência de outros danos que não foram pontuados até agora em escala microregional. São eles:

- Interrupção do serviço de fornecimento de energia elétrica em propriedades rurais (EMATER; DEFESA CIVIL; CEMIG)
- Interferência no serviço de energia elétrica (Formulários Municipais)
- Falta de água potável (COPASA; DEFESA CIVIL; Formulários Municipais)
- Interrupção dos serviços de tratamento e abastecimento de água (Formulários Municipais)
- Retenção de material na barragem da UHE Baguari, localizada no município de Governador Valadares (Formulários Municipais)
- Interrupção do abastecimento de combustíveis (IBAMA)
- Perdas em infraestrutura rural (EMATER)
- Ruas danificadas (Formulários Municipais)
- Gastos com caminhões pipas (Formulários Municipais)
- Abastecimento de água para os animais (Formulários Municipais)

- Danos ao transporte hidroviários e dificuldade de acesso a algumas comunidades (Formulários Municipais)
- Perda total de móveis, eletrodomésticos, documentos e roupas, mas sem necessariamente danos ao imóvel em Barra Longa (SEDESE)
- Recolocação geográfica da comunidade de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo (DEFESA CIVIL; Mesa de Diálogo)
- Barragem de Germano e dique de Selinha com fator de segurança abaixo do recomendado pela NBR13028 (DEFESA CIVIL);

4.1.1.3 Danos humanos

O rompimento da barragem de Fundão, ocasionou danos no meio natural (biótico e abiótico) e no meio antrópico (pessoas). Os danos humanos abordados neste tópico, relata os impactos diretos e indiretos na vida das pessoas atingidas pelo desastre em escala microrregional. Estes danos foram identificados através dos formulários encaminhados pelos municípios a Força Tarefa do Estado de Minas Gerais.

Para melhor entendimento e compreensão os danos humanos serão divididos em: danos à saúde pública e a segurança pública; danos sobre a educação, cultura e lazer; danos sobre as formas de organização social da população envolvida. (RELATÓRIO DA FORÇA-TAREFA, 2016).

O documento enviado pelos municípios, demonstra a realidade dos municípios atingidos localizados a jusante da barragem de Fundão e a montante da UHE de Candonga. Conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Danos humanos ocasionados aos municípios após o rompimento da barragem de Fundão.

Municípios Atingidos pelo Desastre	DANOS HUMANOS DIRETOS E INDIRETOS							
	Mortos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros Afetados	Total de Afetados
Mariana	17	6	225	504	308	2	2807	3869
Barra Longa		250	55	140	400	-	4900	5745
Rio Doce	-	-	-	-	3	-	360	363
Santa Cruz do Escalvado	-	-	-	-	5	-	500	505
Total	17	256	280	644	716	2	8567	10482

Fonte: Adaptado dos formulários municipais encaminhados à Força-Tarefa, 2016.

Segundo a Defesa Civil, a categoria outros afetados são aqueles prejudicados de alguma forma pelo desastre direto ou indiretamente. Destacam-se aí os atingidos no município de Governador Valadares, 275 mil pessoas prejudicadas pela interrupção do abastecimento de água.

Danos à saúde e segurança pública

Diversos foram os danos ocasionados a saúde pública e às condições de segurança das pessoas, surgindo situações que vão desde o atendimento aos feridos, passando por grandes preocupações com a saúde psicológica dos afetados, chegando até a geração de óbitos.

Existem também outros problemas relacionados a este tópico, que serão apresentados a seguir:

- Exposição de animais a doenças graves (FIOCRUZ)
- Interrupção de serviços de vigilância em saúde, epidemiológica, sanitária, ambiental e saúde do trabalhador (IBAMA)
- Interrupção de serviços de segurança pública (IBAMA; DEFESA CIVIL)
- Pessoas feridas (DEFESA CIVIL; FHEMIG)

- Impacto psicológico para a população afetada (DEFESA CIVIL)
- Prejuízos aos serviços públicos de saúde (DEFESA CIVIL)
- Insegurança quanto à criminalidade
- Insegurança no uso da água e possíveis doenças vinculadas

Danos à educação, cultura e lazer

Os principais danos neste aspecto estão relacionados aos impactos a infraestrutura, tais como o comprometimento das estruturas e da impossibilidade de acesso (item 3.2. Danos Materiais), acarretando no fechamento das escolas. Os danos ao patrimônio cultural dizem respeito principalmente a perda de artigos de arte sacra e de outros referencias simbólicos da cultura local e regional das populações afetadas.

Além dos impactos mencionados anteriormente, não podemos deixar de citar outros como:

- Interrupção de serviços de ensino (IBAMA);
- Obras de arte sacra com valor histórico e mobiliário de igrejas sujeitos a saques (DEFESA CIVIL);
- Referenciais culturais destruídos;
- Perda de direito do uso da água e de um meio ambiente equilibrado (art.225 Constituição Federal de 1988) (IBAMA);

Danos à organização social

O rompimento da barragem afetou fortemente as formas de organização social das populações atingidas. Cada município e comunidade atingida, possuíam estruturas muito distintas de organização, principalmente quanto as atividades econômicas e culturais. Como é o caso do distrito de Bento

Rodrigues, que foi inteiramente devastado e deverá ser remanejado para outro local.

Outros impactos também merecem ser lembrados. São eles:

- Separação física dos vizinhos e grupos de uma comunidade (IBAMA);
- Interrupção/Alteração das atividades rotineiras das pessoas atingidas;
- Impacto na identidade cultural dos Parques Estaduais do Rio Doce e Sete Salões (IBAMA; SEMAD);
- Impacto na forma de reprodução social dos índios Krenak (IBAMA; SEDHPAC; FUNAI);

É importante ressaltar que, no estado de Minas Gerais existe um projeto de Lei nº 3.312/16, que institui a Política Estadual dos Atingidos por Barragens e outros Empreendimentos (PRDES) e propõe a assistência aos indivíduos ou populações afetadas pelo planejamento, construção, instalação, ampliação e operação de barragens e outros empreendimentos, por impactos como a perda de propriedade ou da posse de imóvel ou da capacidade produtiva de terras. O referido projeto de lei também contempla ações específicas direcionadas para as populações indígenas, quilombolas e tradicionais por meio do Plano de Recuperação e Desenvolvimento Econômico e Social (PRDES) (Assembleia Legislativa de Minas Gerais, 2017).

5 METODOLOGIA

Objetivando o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma pesquisa *ex-post-facto* sobre o desastre ambiental e seus respectivos danos provocados pela atividade mineradora, como também, uma exaustiva investigação documental de registros oficiais a respeito do desastre.

Para a análise espacial da área de estudo, utilizou-se aplicativo livre Google Earth®, onde, após a identificação geográfica da área sinistrada, realizou-se estudos e análises comparativas das imagens capturadas, via satélite, antes e depois, da região afetada.

Objetivando oferecer maiores detalhes do desastre ambiental, buscou-se capturar imagens do distrito de Bento Rodrigues, após a passagem dos rejeitos, por meio de relatórios técnicos divulgados por órgãos públicos governamentais de controle ambiental.

Considerou-se a oportunidade de, a partir destas imagens, poderem-se analisar, em escala microrregional, os elementos formativos e informativos do evento com maior clareza de precisão.

Após as pesquisas, análises e referenciais noticiados por áreas técnicas e especialistas do tema, pode-se esboçar as conclusões finais apresentadas ao final desta investigação.

Este trabalho foi dividido em 6 (seis) capítulos, além, desta Introdução, um Referencial Teórico onde se realizou o embasamento do tema; definições, classificações dos serviços ambientais; e principais beneficiados. Também são conceituados e caracterizados os tipos de desastre naturais e os danos ambientais gerados após a sua ocorrência. Em seguida, o terceiro capítulo aborda um estudo de caso referente ao rompimento da barragem de Fundão, localizada no município de Mariana, no estado de Minas Gerais, caracterizando quais os principais impactos socioambientais gerados após desastre.

O quarto capítulo apresenta a metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho. O quinto exhibe as análises e discussões dos resultados obtidos com a pesquisa. Finalizando com o sexto e último onde se apresentam as considerações finais, limitações do trabalho e perspectiva para desenvolvimento de trabalhos futuros.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os efeitos imediatos dessa tragédia, ainda em desenvolvimento, podem ser observados desde a jusante da barragem destruída, em Minas Gerais, até a foz do rio Doce, no estado do Espírito Santo.

No decorrer da pesquisa, pode-se constatar que, as mineradoras preferem assumir os riscos advindos da utilização de sistemas mais tradicionais e menos onerosos, do que investir em técnicas mais seguras. Tal situação pode ser confirmada, mediante a ausência de instrumentos de monitoramento eletrônico que mostrasse a movimentação do dique; a falta de sistemas de alerta situados em locais relevantes, como áreas a jusante da barragem com presença de populações ou de relevante interesse ambiental, em especial, o distrito de Bento Rodrigues, evitando assim, perdas de vidas; a inexistência de uma avaliação de risco de ruptura, a fim de indicar a dimensão da área a jusante da barragem que poderia ser atingida em caso de acidente, visando propor medidas adicionais de segurança, bem como, um plano de emergência e contingência.

Em face aos danos gerados após o desastre, é imprescindível a adoção de medidas corretivas e de recuperação a curto, médio e longo prazo, visando a reparação dos ecossistemas degradados.

Em concordância com a metodologia utilizada para a classificação dos danos, as medidas corretivas e de recuperação também serão dispostas por temas e subtemas a partir do ponto de vista ambiental, material e humano.

Dentre as medidas corretivas e restauradoras de Caráter Ambiental, podemos destacar: Recuperação da qualidade e disponibilidade de água dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce; Plano de Recuperação da Bacia do Doce; Recuperação da qualidade e disponibilidade de solo; Proteção e recuperação da biodiversidade.

Para as medidas corretivas e restauradoras de Caráter Material podemos pontuar: Sustentação e recuperação da economia regional e Recuperação das perdas em infraestrutura

No tocante as medidas corretivas e restauradoras de Caráter Humano podem apontar: Desenvolvimento de medidas voltadas à Educação, Cultura e Lazer como, recuperação das escolas, conservação da memória histórica e

artística do território, educação ambiental voltada a recuperação do Rio Doce, entre outros; Medidas voltadas a necessidade de saúde e segurança das populações atingidas; Medidas voltadas à sustentação das formas de organização social impactadas.

No âmbito legal, constatou-se que a legislação referente a classificação das barragens, mesmo sendo estruturas de pequeno porte, são muito rigorosas. Contudo, apresenta-se uma fiscalização ineficaz por parte dos órgãos ambientais competentes, concedendo licenças a empreendimentos, cujas medidas de segurança da barragem e da população a jusante estavam em desacordo com o exigido nas normas, leis e portarias que regulamentam esse tipo de atividade.

No âmbito econômico, o desastre, comprometeu a principal fonte de renda do município de Mariana, devido a Samarco ser responsável por quase toda a extração do minério da região, sendo esta atividade, a maior geradora de empregos na região. Essa afirmativa pode ser confirmada, através da consulta de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no qual, aponta que 80,4% dos mais de R\$ 6,59 bilhões que corresponderam ao Produto Interno Bruto (PIB) do município em 2013 tiveram origem no setor.

Sabe-se que, os impactos do desastre ambiental de Mariana perdurarão por gerações, sendo as maiores afetadas, as comunidades que estão localizadas na bacia hidrográfica do rio Doce.

É irrefutável que os danos, em escala regional, desencadeados após o rompimento da barragem de Fundão, causou consequências socioambientais extremamente graves e onerosas, devido a um desastre que atingiu rios como Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce, tendo sua gênese no estado de Minas Gerais chegando até o estado do Espírito Santo, onde, a onda de rejeito de minério de ferro, impactou o estuário do rio Doce e à sua região costeira.

Apesar dos motivos que levaram o rompimento da barragem já terem sido esclarecidos é notório que sejam feitas alterações na legislação ambiental, acompanhada de uma fiscalização mais rigorosa por parte órgão fiscalizadora são medidas preventivas urgentes e necessárias para que se possam impedir a ocorrência novos acidentes como o de Mariana.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a magnitude do desastre, este trabalho deteve-se em analisar e mensurar, em escala microrregional, os danos ambientais pelo rompimento da barragem de Fundão.

Constatou-se a dependência da economia dos municípios atingidos e da comunidade em relação à atividade mineradora, como também, a baixa eficiência preventiva das políticas públicas, em relação à exploração e extração dos recursos minerais - base para o desenvolvimento socioeconômico.

Nesse contexto, torna-se imperativa a conscientização dos habitantes de tais regiões, intensificação de ações de Educação Ambiental, conscientização da importância de medidas preventivas e possíveis ações corretivas e mitigadoras.

Neste sentido, as políticas públicas voltadas para o setor carecem de amplo debate entre todos - exploradores, governo e comunidade com o intuito de conciliar os interesses sociais, ambientais e econômicos.

Assim, verifica-se que o meio ambiente e a mineração, neste evento, caminharam em sentidos opostos, gerando os impactos desastrosos, aqui evidenciados. Entretanto, reconhece-se a real possibilidade de inversão do sentido do afirmado, onde os sistemas naturais e antrópicos possam coexistir harmonicamente.

Ainda, pode-se enxergar o desastre como uma oportunidade para desenvolvimento de um novo cenário que contemple um modelo de mineração sustentável, contributivo para a comunidade e ganhos de competitividade para o setor, dotado de mecanismos de prevenção aos riscos socioambientais.

Sugere-se a realização de trabalhos futuros, que as vindouras análises contemplem tais ocorrência em escala macrorregional.

REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA – AYALA, I. **Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries.**

Geomorphology 47, p. 107-124, 2002.

ALMEIDA, D. A. F. de. **A responsabilidade civil da pessoa jurídica por dano ambiental.** 2010. 95 f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) – Curso de Direito, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2010.

ALTMANN, Alexandre. **Pagamentos por serviços ecológicos: uma estratégia para a restauração e preservação da mata ciliar no Brasil?.**

2008. 121 f. Trabalho de conclusão de curso (Dissertação) – Mestrado em Direito. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2008.

AMADO, F. A. D. T. **Direito ambiental esquematizado.** 5.^a ed. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO, 2014.

ASSOCIAÇÃO DE AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO – AEM. **Ecosistemas e bem-estar humano: estrutura para uma avaliação.** São Paulo: SENAC, p. 384, 2005.

AZEVEDO, A. L. **Acidente em Mariana é o maior da História com barragens de rejeitos.** O Globo, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/acidente-em-mariana-o-maior-da-historia-com-barragens-derejeitos-18067899>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/_ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BRASIL. DEFESA CIVIL: Gabinete Do Governador Do Estado De Minas Gerais. **Relatório da gestão do desastre: rompimento de barragem em Mariana/MG.** 2015.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Classificação das barragens de mineração.** Brasília, 2016. Disponível no site: <http://www.dnpm.gov.br/assuntos/barragens/plano-de-seguranca-de-barragens>.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico dos Municípios.** MARIANA, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/mariana>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Proteção Ambiental. Coordenação Geral de Emergências Ambientais. **Laudo Técnico Preliminar: 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/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf. Acesso em: 01 jun. 2018.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n^{os} 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n^{os} 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n^o 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.** Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

Acesso em: 01 jun. 2018.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm>. Acesso em:

01 jun. 2018.

BRASIL. Lei n^o 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n^o 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4^o da Lei n^o 9.984, de 17 de julho de 2000.** Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm.

Acesso em: 01 jun. 2018.

BRASIL. Lei n^o 12.608, de 12 de abril de 1968. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis n^{os} 12.340, de 1^o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.** Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm.

Acesso em: 01 jun. 2018.

Alto Comissariado das Nações Unidas para Direitos Humanos. **Brazilian mine disaster: this is not the time for defensive posturing** – un rights experts, Genebra, 2015. Disponível em:

<<http://www.ohchr.org/en/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=16803&LangID=E>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

BURKHARD, B. *et al.* **Mapping ecosystem service supply, demand and budgets.** Ecological Indicators, Amsterdam, v. 21, p. 17-29, 2012.

CAMPOS JR., José Julio Ferraz de. **Valoração econômica de danos ambientais: o caso dos derrames de petróleo em São Sebastião.** 141 f. Trabalho de conclusão de curso (Tese) – Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

CAMPOS, H. A. de. **Instrumentos econômicos na gestão ambiental brasileira**. Revista dos tribunais Online: Revista de Direito Ambiental, v. 63, p. 287-302, 2011. Acesso em 01 jun. 2018.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. 2006. **Ação de apoio à prevenção e erradicação de riscos em assentamentos precários**. In: BRASIL. CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (Orgs.). Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, p. 10-17, 2006.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil. Vol.1. Brasília**: Ministério da Integração Nacional/ Departamento de Defesa Civil, p. 133, 1999.

Centers for Disease Control and Prevention. **Sodium hydroxid**, 2015. Disponível em <http://www.cdc.gov/niosh/pel88/1310-73.html>. Acessado em 01 jun. 2018.

CEZAR, F. G.; ABRANTES, P. C. C. **Princípio da precaução**: considerações epistemológicas sobre o princípio e sua relação com o processo de análise de risco. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 225-262, 2003.

COSTANZA, R. *et al.* Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. **Issues in Ecology**, Washington, DC, v. 1, n. 2, p. 1-18, 1997a.

DAILY, G. C. (Ed.). **Nature's services**: societal dependence on natural ecosystems. Washington, DC: Island Press, p. 392, 1997.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. **A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services**. Ecological Economics, Amsterdam, v. 41, p. 393-408, 2002.

EIRD. **Glosario de la Estrategia**, 2004. Disponível em: <http://www.eird.org/esp/terminologiaesp.htm>. Acessado em: 01 jun. 2018.

EM-DATA/CRED. The International Disaster Database / Centre for Research on the Epidemiology of Disaster. **Classification**. 2009. Disponível em: <<http://www.emdat.be/classification>>. Acessado em: 01 jun. 2018.

FELL, E. T.; TREMÉA, E. M. **O princípio do protetor-recebedor e o proambiente**: limites e possibilidade da compensação financeira. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XI, n. 51, 2008. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2482>. Acesso em 01 jun. 2018.

FERNANDES, N. F. *et al.* **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis**. Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, Vol. 2, Nº 1. p 51-71, 2001.

FERREIRA, D. *et al.* Participação popular na prevenção e enfrentamento de desastres ambientais: resultado de um estudo piloto em Santa Catarina, Brasil.

Revista Geográfica de América Central, Número Especial EGAL, Costa Rica, p. 1-17, 2011.

GERENT, J. **Internalização das externalidades negativas ambientais – uma breve análise da relação jurídico-econômica**. Revista dos tribunais Online: Revista de Direito Ambiental, v. 44, p. 40-57, 2006. Acesso em 01 jun. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. Atlas. São Paulo, p. 9, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. Atlas. São Paulo, p. 28, 2008.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. (Orgs). **Pagamentos por serviços ambientais na mata atlântica: lições aprendidas e desafios**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2011.

HERCOWITZ, M.; MATTOS, L.; SOUZA, R. P. **Estudos de casos sobre serviços ambientais**. In: MATTOS, L.; HERCOWITZ, M. (Ed.). Economia do meio ambiente e serviços ambientais. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 163-279, 2011.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2007: The Physical Science Basis**. Summary for Policymakers. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2018.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, p. 109, 2006. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/publicacoes.html>. Acessado em: 01 jun. 2018.

KOTCHEN, M. J, & REILING, S. D. **Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: A case study involving endangered species**. Ecological Economics. v. 32, p. 93-107, 2000.

LEITE, J. R. M. **Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial**. 2. ed. Revista dos Tribunais, São Paulo, 2003.

MAFFRA, C.Q.T.; MAZZOLA, N. **As razões dos desastres em território brasileiro**. In: SANTOS, R. F. dos (Org.) Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, p. 192. 2007.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2008.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBIYAMA, M. **Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais**. Caminhos de Geografia, v.6, n.19, p. 130-149, 2006.

MILARÉ, É. Direito do ambiente. 4. ed. **Revista dos Tribunais**, São Paulo, p. 735, 2005.

MINAS GERAIS (Estado). Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Relatório de acompanhamento da qualidade da água do rio doce após o rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG**, 2015.

MINAS GERAIS (Estado). Conselho Estadual de Política Pública. Deliberação Normativa COPAM nº 87, de 17 de junho de 2005. **Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.** Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8251>. Acesso em: 01 jun. 2018.

MINAS GERAIS (Estado). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Avaliação dos impactos causados ao solo pelo rompimento de barragem de rejeito de mineração em Mariana, MG:** Apoio ao plano de recuperação agropecuária, 2015.

MINAS GERAIS (Estado). Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Relatório sobre danos causados no meio rural pela lama oriunda do rompimento das barragens de rejeito de minério da Samarco,** 2015.

MINAS GERAIS (Estado). Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Inventário de barragem do estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, 2016. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/2016/RESIDUOS_MINERA%C3%87%C3%83O/Invent%C3%A1rio_de_Barragens_2015_Final_V01.pdf. Acesso em: 01 jun. 2018.

MINAS GERAIS (Estado). Fundação João Pinheiro. **Arrecadação Municipal de Mariana,** 2016. Acesso em: 01 jun. 2018.

MINAS GERAIS (Estado). **Grupo força-tarefa:** barragem de fundão mariana - MG (decreto nº 46.892/15). Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG, 2016.

MINAS GERAIS (Estado). *Grupo Independente de Avaliação do Impacto Ambiental.* **Relatórios técnicos,** 2015. Disponível em: <http://giaia.eco.br/>

MINAS GERAIS (Estado). Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do rio doce no estado de Minas Gerais:** Relatório técnico acompanhamento da qualidade das águas do rio doce após o rompimento da barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues - Mariana/MG, 2015.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Instituto Estadual de Florestas/ Regional Rio Doce/ Parque Estadual Sete Salões. **Relatório técnico nº 01/2015; 02/2015; 03/2015; 04/15,** 2015.

MOTTA, R. S.; RUITENBEEK, J.; HUBER, R. **Uso de instrumentos econômicos na gestão ambiental da américa latina e caribe:** lições e recomendações. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_0440.pdf. 01 jun. 2018.

MUNICH RE GROUP. **Topics 2000:** natural catastrophes – the current position. München: MUNICH RE GROUP, p. 127. 1999.

NARVÁEZ, L.; LAVELL, A.; ORTEGA, G.P. **La gestión del riesgo de desastres**: un enfoque basado en procesos. San Isidro: Secretaría General de la Comunidad Andina; 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração do rio sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Rio de Janeiro. 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>>. Acesso em 01 jun. 2018.

Organização Pan-Americana da Saúde. **Desastres naturais e saúde no brasil**. Brasília, Ministério da Saúde, p. 56, 2015.

PARRON, L. M. *et al.* **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2015.

SAMARCO. **Relatório Anual de Sustentabilidade**. Belo Horizonte. 2015.

SANTOS, R. F.; VIVAN, J. L. **Pagamento por serviços ecossistêmicos em perspectiva comparada**: recomendações para tomada de decisão. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 180, 2012.

SCHEUREN, J.M. *et al.* **Annual disaster statistical review**: the numbers and trends. centre for research on the epidemiology of disasters. Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium, 2008. Disponível em: <http://www.emdat.be/Documents/Publications>. Acesso em: 01 jun. 2018.

SILVA, A. C. H. **Mobilidade e conectividade urbana na bahia**: um estudo de caso no município de são francisco do conde. 2015. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Bahia, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unilab.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/284/1/Ana%20C%C3%A1udia%20da%20Hora%20Silva.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018.

SOUZA, M. D. **Desafio da gestão democrática escolar**: estudo de caso na escola de ensino fundamental César Cal's Neto. 2014. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Ceará, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unilab.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/349/1/Marcicleu%20Dionizio%20de%20Souza.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2018.

SVEDIN, U. **Economic and ecological theory**: Differences and similarities. In: Economics of ecosystem management Holanda, W. Jink Publ, p. 31-39. 1985.

THOMÉ, R. **Manual de direito ambiental**. 2 ed. Salvador, 2012.

TOMINAGA, Lidia Keiko. 2007. **Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos**: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP. 2007. 220 f. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TOMINAGA, L. K., SANTORO, J., AMARAL, R. do (Orgs.). **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. Instituto Geológico. São Paulo. p. 196, 2009.