

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

MARIANE BERTOLIN

**Resíduos de desastres ambientais: um olhar
diferenciado sobre o rompimento da Barragem do
Fundão (Mineradora Samarco), em Mariana-MG**

São Carlos - SP

2018

MARIANE BERTOLIN

Resíduos de desastres ambientais: um olhar diferenciado sobre o rompimento da Barragem do Fundão (Mineradora Samarco), em Mariana – MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

São Carlos - SP

2018

Autorizo a reprodução total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

B546r Bertolin, Mariane
Resíduos de desastres ambientais: um olhar diferenciado sobre o rompimento da Barragem do Fundão (Mineradora Samarco), em Mariana-MG / Mariane Bertolin; orientador Evaldo Luiz Gaeta Espíndola. São Carlos, 2018.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2018.

1. Desastre de Mariana. 2. Gestão de resíduos. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Mariane Bertolin**

Data da Defesa: 30/11/2018

Comissão Julgadora:

Resultado:

Evaldo Luiz Gaeta Espindola (Orientador(a))

Aprovada.

Diego Correia da Silva

Aprovada.

Obede Rodrigues Alves

APROVADA



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Ao professor Evaldo pela orientação e principalmente pela visita técnica ao Município de Mariana - MG, que resultou nesse trabalho.

A Professora Raquel, pela ajuda, dedicação e companheirismo ao longo da escrita desse trabalho.

Aos professores e amigos que conheci durante os anos de graduação e em especial à Natalia.

A Dona Josefa, que me acolheu em São Carlos e sem a qual não teria finalizado a graduação.

A minha família, em especial a minha mãe, por nunca me deixar desistir.

A Deus, pelo dom da Vida.

RESUMO

BERTOLIN, M. **Resíduos de desastres ambientais: um olhar diferenciado sobre o rompimento da Barragem do Fundão (Mineradora Samarco), em Mariana – MG.** 2018. 73 f., Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Este trabalho de pesquisa insere-se na área de Engenharia Ambiental, subárea de Resíduos Sólidos, e aborda como eixo temático o rompimento da Barragem do Fundão, da Empresa Samarco, no município de Mariana/MG, no ano de 2015, no que diz respeito aos aspectos relacionados à produção desses resíduos, bem como a sua disposição, gestão e ainda os impactos físicos, químicos, biológicos, legais e sociais presentes no contexto desse rompimento. A pesquisa apresentou como objetivo maior a análise da lama, como principal resíduo sólido no evento do rompimento da barragem, com ênfase em sua constituição, disposição, nocividade e ainda seus impactos em diversos campos sociais. A metodologia utilizada pautou-se na busca de aportes teóricos e legais do tema, como também a análise do desastre por meio de registros fotográficos. O material foi obtido por ocasião de visita técnica realizada no ano de 2016 em áreas atingidas entre os municípios de Mariana e Barra Longa, incluindo alguns subdistritos, durante a realização da disciplina optativa Monitoramento Ambiental – Estudo de Caso, a qual integra a matriz curricular do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade de São Paulo. A pesquisa conclui que a maior tragédia ambiental da história do Brasil começou a ser desenhada muito antes do dia 05 de novembro de 2015. É possível inferir que o desastre ocorreu por força de uma legislação ultrapassada e de uma gestão comprometedora, uma fiscalização deficitária e do absoluto descaso da Empresa Samarco com o meio ambiente e vidas humanas. Tem-se a ideia de que os resíduos sólidos provenientes de desastre devem ser caracterizados bem como apresentar um plano de gestão e destinação adequada, dentro do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, obrigatório à todo município conforme a PNRS. No entanto, a abordagem desse tipo específico de resíduo não acontece, prevalecendo medidas para conter crises e não medidas preventivas para evitar os desastres. Clama-se, neste contexto, mudanças na legislação e na forma das concessões de licenças, aliadas a uma fiscalização efetiva por parte dos órgãos governamentais competentes.

Palavras chave: Desastre de Mariana, Gestão de resíduos.

ABSTRACT

BERTOLIN, M **Waste from environmental disasters: a different perspective about the rupture of the Fundão dam (Samarco), in Mariana-MG.** 2018. 73 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

This research work is part of the Environmental Engineering area, Solid Waste sub-area and discusses as a thematic axis the rupture of the Samarco dam in the municipality of Mariana/MG, in the year 2015, regarding aspects related to production, disposal and management, as well as the physical, chemical, biological, legal and social impacts of this disruption. The main objective of this research was to analyze the mud, as the main solid waste in the event of dam rupture, with emphasis on its constitution, disposition, harmfulness and its impacts in several social fields. The methodology used was based on the search for theoretical and legal contributions of the subject, as well as the analysis of the disaster through photographic records. This material was obtained during the technical visit carried out in 2016 at the site of the disruption and affected areas, during the course of the optional Environmental Monitoring - Case Study, which integrates the curricular matrix of the Environmental Engineering course at the University of São Paulo. The survey concludes that the greatest environmental tragedy in the history of Brazil began to be drawn long before November 5, 2015. It is possible to infer that the disaster occurred due to outdated legislation and compromising management, and Samarco's absolute disregard for the environment and human lives. The idea is that solid waste from disasters must be characterized, as well as to present a plan of management and adequate destination, within the Municipal Plan of Integrated Management of Solid Waste, obligatory to all municipalities according to PNRS. However, the approach to this specific type of waste does not happen, thus managing the crisis that a disaster causes and what prevails are measures to contain crises and not preventive measures. So, this context claims for changes in the legislation and in the form of licensing concessions, coupled with effective oversight by the relevant government agencies.

Keywords: Mariana disaster, Waste management.

LISTA DE SIGLAS

ABCR - Associação Brasileira de Captadores de Recursos

APP - Áreas de Preservação Permanente

ANA - Agência Nacional de Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

DNPM - Diretoria de Fiscalização de Atividade Mineradora

EIA/RIMA- Estudo e Relatório de Impacto Ambiental

ES- Espírito Santo

ETEI - Estações de Tratamento de Efluentes Industriais

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente

GIAIA - Grupo Independente de Avaliação do Impacto Ambiental - GIAIA

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IEF - Instituto Estadual de Florestas

IGAN - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IGR - Instituto Goiano de Radiologia

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

LI - Licença de Instalação

LO - Licença de Operação

LP - Licença Prévia

MG – Minas Gerais

MT – Mega Tonelada

ONU - Organização das Nações Unidas

PEM/RJ - Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC - Resíduo da Construção Civil

SEMAD - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SUDEPE - Superintendência do Desenvolvimento da Pesca

SUPRAM - Superintendências Regionais do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

TTAC - Termo de Transação de Ajustamento de Conduta

UNB – Universidade de Brasília

URC - Unidades Regionais Colegiadas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da cidade de Mariana e seus limites municipais.....	30
Figura 2: Mapa dos subdistritos de Mariana.....	31
Figura 03: Fluxograma de operações da Empresa Samarco.....	34
Figura 04: Localização das minas exploradas pela Empresa Samarco.....	35
Figura 5: Distribuição das barragens de contenção de rejeitos em Mariana, antes do desastre.....	38
Figura 6: Aspecto geral da Barragem de Germano, em Mariana, antes do desastre.....	38
Figura 7: Aspecto geral da Barragem de Santarém, Mariana, antes do desastre.....	39
Figura 8: Localização das três barragens da Empresa Samarco, com destaque ao Distrito de Bento Rodrigues.....	43
Figura 9: Rastro de destruição da lama, considerando toda a extensão da bacia hidrográfica do rio Doce.....	44
Figura 10: Caminho percorrido pela lama após rompimento da Barragem do Fundão.....	55
Figura 11: Região de Paracatu de Baixo, após passagem da lama.....	56
Figura 12: Fluxograma de processamento do minério.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronologia dos processos de licenciamento da Barragem do Fundão, da Empresa Samarco.....27

Tabela 2: Relação das maiores minas de ferro no Brasil, distribuídas por estado, empresa e produção.....37

Tabela 3: Efeitos dos metais sobre o meio ambiente e saúde humana.....47

Tabela 4: Resíduos de Mineração - implantação de planos de gerenciamento de resíduos de mineração (PGRMs).....54

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 01: Ruínas da Associação de Moradores do Distrito de Bento Rodrigues, totalmente destruída após a passagem da lama em novembro de 2015.....	48
Fotografia 02: Ruínas da Escola Estadual do Distrito de Bento Rodrigues, destruída após passagem da lama em novembro de 2015.....	48
Fotografia 03: Materiais escolares que estavam presentes em sala de aula, e que foram misturados a lama durante passagem da mesma no Distrito de Paracatu de Baixo.....	49
Fotografia 04: Utensílios domésticos que ainda se encontram no Distrito de Bento Rodrigues, após a passagem da lama em novembro de 2015.....	50
Fotografia 05: Restos de vegetação em meio a lama, após desastre ocorrido em novembro de 2015.....	50
Fotografia 06: Restos de vegetal em meio à lama, após desastre ocorrido em novembro de 2015.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. METODOLOGIA.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1. CAPÍTULO 1 - Desastres Ambientais: ocorrências e consequências.....	14
4.2. CAPÍTULO 2 - Meio Ambiente: sobre ações de preservação e aspectos legais.....	18
4.2.1. Legislação ambiental no Brasil e seu contexto histórico.....	21
4.2.2. Legislação da atividade mineradora.....	24
4.3. CAPÍTULO 3 - Mariana: entre minas e lamas.....	28
4.3.1. Aspectos Históricos.....	28
4.3.2. Localização.....	30
4.3.3. Aspectos econômicos.....	31
4.3.4. Empresa Samarco.....	32
4.4. CAPÍTULO 4 - Mariana, Samarco, desastre e resíduos.....	41
4.4.1. Resíduos sólidos resultantes do rompimento versus gestão.....	45
4.4.1.1. A Lama.....	45
4.4.1.2. Resíduos da Construção Civil.....	47
4.4.1.3. Resíduos Híbridos.....	49
4.4.1.4. Resíduos Naturais - restos da vegetação.....	50
4.4.1.5. Resíduos de Doações pós-desastre.....	51
4.4.1.6. Gestão dos resíduos.....	52
4.4.1.7. Os impactos.....	55
4.4.1.8. Mitigação.....	60
4.4.1.9. Uma opção às barragens.....	60
4.4.1.10. Penalidades e multas.....	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

1. INTRODUÇÃO

É sabido que o desenvolvimento da vida humana pode afetar o planeta de modo negativo e irreversível, pois na tentativa de adotar um modelo de sociedade baseado em relações sociais e econômicas pautadas na produção, consumo e descarte, o homem retira da Terra o que é necessário para uso e consumo. Os resíduos gerados nesse processo são devolvidos para Terra e, na maioria das vezes, ela não consegue absorvê-los (FERREIRA, BARTHOLO 2005).

Neste contexto, sobretudo no século XX, começou a percepção da existência de uma crise ambiental acerca do sistema natural e produtivo – a escassez de recursos, que coloca em risco a produção de bens e a geração de capitais, bem como a problemática da devastação e da poluição. Tornou-se comum, no decorrer deste processo, o crescimento de negociações internacionais na tentativa de criar e implementar estratégias para se atingir o desenvolvimento sustentável. A título de exemplificação destaca-se o Protocolo de Kyoto, Eco 92 e Rio + 10, que trataram da diminuição da emissão de gás carbônico, entre outras medidas que deveriam ser adotadas pelos países signatários destes acordos internacionais (BRASIL, 2012).

Dentro do cerne destas preocupações, a questão dos resíduos gerados pelas diversas atividades humanas também se fez presente. A geração de resíduos é um desafio a ser enfrentado em todas as esferas produtivas, haja vista a crescente produção, descarte e incapacidade de absorção dos mesmos pela natureza (PNRS, 2010).

Importante destacar que, no âmbito acadêmico e corporativo, evidencia-se o discurso sobre o desenvolvimento, aplicando a engenharia para aumentar a produção e diminuir riscos. No entanto, a prática se fragiliza diante de interesses políticos e econômicos, como foi possível observar em novembro de 2015, quando ocorreu o rompimento da Barragem de Fundão, pertencente à Empresa Samarco, em Mariana/MG, liberando cerca de 44 milhões de litros de lama, causando impactos sociais, econômicos e ambientais sem precedentes no Brasil (IBAMA, 2015).

A Samarco é uma empresa brasileira de mineração, cujo principal produto é a pelota de minério de ferro. No cenário atual a referida empresa apresenta capital fechado e é controlada em partes iguais por dois acionistas: BHP Billiton Brasil Ltda. e Vale S.A. As pelotas de minério de ferro são comercializadas para a indústria siderúrgica mundial e são exportadas para 19 países das Américas, Oriente Médio, Ásia e Europa (SAMARCO, 2018).

A Samarco possui três concentradores instalados na unidade de Germano, em Minas Gerais, que beneficiam o minério e aumentam o seu teor de ferro. Sua estrutura conta ainda com quatro usinas de pelotização na unidade de Ubu, no município de Anchieta, no Espírito Santo. As duas unidades industriais são interligadas por três minerodutos, com quase 400 quilômetros de extensão cada, que transportam a polpa de minério de ferro entre os dois estados. A Barragem do Fundão faz parte do armazenamento de rejeitos do processo de mineração da empresa, que tem um programa de Gestão de Resíduos e investe em sustentabilidade (SAMARCO, 2018).

Apesar de toda a estrutura disponível para gerenciamento dos resíduos oriundos das atividades, o desastre ocorreu e fez com que toneladas de lama (rejeito + água) fossem arrastadas, devastando vilas e vidas, deixando para traz um rastro de destruição. É neste contexto que este trabalho de pesquisa se insere, abordando como eixo temático o rompimento da Barragem do Fundão, da Empresa Samarco, no que diz respeito aos aspectos relacionados a produção desses resíduos, bem como a sua disposição, gestão e ainda os impactos físicos, químicos, biológicos, legal e sociais presentes no contexto desse rompimento (IBAMA, 2016)

Este tema foi eleito em função de uma visita técnica, de cunho acadêmico, realizada ao município de Mariana após o desastre, despertando o interesse em conhecer e analisar aspectos relacionados aos fatores presentes no evento, em especial os resíduos, a gestão, os impactos e outros, os quais foram delimitados durante a produção desse estudo. Tem-se clara a noção de que não se trata de um tema de pesquisa inédito, todavia, procurou-se, por meio de numerosas leituras em diferentes áreas de conhecimento e análise de registros fotográficos produzidos na visita técnica, conhecer e evidenciar o impacto da lama decorrente do desastre, no que concerne, especificamente,

nos aspectos relacionados à sua produção, disposição e impactos provocados pelo rompimento da barragem.

2. OBJETIVOS

A pesquisa apresentou como objetivo a análise dos resíduos gerados no desastre socioambiental, após o rompimento da Barragem do Fundão, localizada no município de Mariana, em Minas Gerais, com ênfase nos resíduos diretos (decorrentes da passagem da lama) e indiretos (como os provenientes da ajuda externa) associados ao desastre.

3. METODOLOGIA

Com relação à metodologia, optou-se pela busca de aportes teóricos e legais do tema, como também a análise do desastre por meio de registros fotográficos. Neste contexto, a pesquisa se caracteriza como exploratória e documental, procurando evidenciar, a partir dos referenciais obtidos, o tema escolhido. Em relação ao material fotográfico apresentado, o mesmo foi obtido por ocasião da visita técnica realizada no ano de 2016, em áreas atingidas pelo rompimento da Barragem do Fundão, incluídas nos municípios de Mariana e Barra Longa, no Estado de Minas Gerais, como parte da disciplina optativa *Monitoramento Ambiental – Estudo de Caso*, a qual integra a matriz curricular do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade de São Paulo, sob a supervisão do Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola¹.

Esta pesquisa se diferencia de outros da área acadêmica pelo fato de se trabalhar diretamente com referenciais bibliográficos na tentativa de se entender de forma mais abrangente todas as nuances relacionadas ao tema selecionado, que foi a geração de resíduos proveniente de desastres ambientais, não ocorrendo, como em muitos casos, coletas de amostras, entrevistas, etc, ou seja, a geração de dados inéditos. Adicionalmente, a análise de registros fotográficos e a percepção da situação na visita técnica

¹ Professor Orientador da presente pesquisa.

permitiram um olhar diferenciado sobre toda a situação, o que é resgatado no decorrer deste trabalho. No caso específico, tem-se como principal resíduo oriundo do desastre a lama (resíduo da mineração + água) proveniente da Barragem do Fundão, a qual, no seu “caminhar” agrega materiais diversos provenientes de áreas urbanas, rurais e ecossistemas ainda preservados, aumentando a complexidade da mesma. Portanto, a ênfase da pesquisa direciona-se para este tema.

Quanto à organização do trabalho, além da introdução e conclusão, o mesmo apresenta cinco capítulos como resultados da presente pesquisa. O Capítulo 1 discorre sobre desastres ambientais; o Capítulo 2 aborda as questões relativas ao meio ambiente, ações de preservação e aspectos legais; o Capítulo 3 contextualiza a cidade de Mariana/MG em seus aspectos de localização, históricos econômicos e ainda apresenta a Empresa Samarco; o Capítulo 4 contempla a Empresa Samarco em seus contextos de produção e geração de resíduos, sendo que no Capítulo 5 procurou-se analisar o contexto do *Desastre de Mariana*, enfatizando os resíduos e os diversos tipos de impactos decorrentes do evento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CAPÍTULO 1 - Desastres ambientais: ocorrências e consequências

Os séculos XVIII e XIX, na Europa, foram marcados pelo processo da Revolução Industrial, caracterizada como um conjunto de mudanças no modo de produção que visava o crescimento econômico. Esta foi uma situação que gerou grandes transformações, como a substituição do trabalho artesanal pelo assalariado e o surgimento de novas classes sociais. Na segunda metade do século XX, no contexto ambiental, as consequências danosas começaram a aparecer, como rios contaminados, vazamento de produtos químicos, poluição do ar, entre outras. Tais questões só começaram a ser levantadas no final da década de 1960, pois anteriormente eram consideradas como um “mal necessário” para o progresso e ascensão de novas tecnologias (CAMPOS, 1988).

Nesse contexto, “mal necessário” pode ser entendido como desastre. Segundo o Glossário da Defesa Civil, desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais, com consequentes prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1998).

O primeiro grande desastre tecnológico, que se tem notícia data de 1951, ano em que a empresa Chisso começou a produzir acetaldeído, usando sulfato de mercúrio como catalisador. Esse processo gera como resíduo o metil mercúrio, que é um composto extremamente tóxico e danoso à saúde humana. A eletroquímica *Chisso Corporation* abriu sua primeira indústria química em Minamata - Japão, em 1908. Inicialmente a fábrica produzia apenas fertilizante, no período pré e pós-guerra no Japão, mas passou a produzir também acetileno, acetaldeído, ácido acético, cloreto de vinila e octanol, entre outros compostos químicos (COELHO 2014).

A empresa não dava uma destinação correta aos resíduos gerados, uma vez que nesse contexto histórico não havia legislação que regulasse a atividade, bem como informasse a possibilidade de tratamento para os resíduos produzidos e a disposição ambientalmente adequada. Dessa forma o efluente da empresa era descartado na baía de Minamata. Em 1959, o Ministério do Comércio Internacional e Indústria ordenou que a *Chisso Corporation* fizesse uma drenagem de águas residuais, instalando um sistema de tratamento de efluentes, no entanto o sistema se mostrou ineficaz. Em 1968 a empresa abandonou o uso do mercúrio no processo de produção e em 1977 o governo japonês iniciou um projeto de remediação da área, que durou até 1990. Esse desastre causou a morte de 2.200 pessoas e doenças em 3 mil. Os protestos que cercaram a doença aparentemente ajudaram a democratização do Japão. Quando os primeiros casos de contaminação foram reportados, as vítimas não tinham direitos e nem recebiam compensações. As pessoas diretamente afetadas pela poluição eram excluídas dos debates (COELHO 2014).

No entanto, o pior acidente nuclear da história aconteceu na usina nuclear de Chernobyl, em 1986. A causa do acidente foi a junção de erros humanos com falhas no projeto, o que gerou um problema de resfriamento no

reator 04, durante um procedimento de rotina. Com isso 70 toneladas de urânio e 900 de grafite foram lançadas na atmosfera. O incêndio durou 09 dias e a nuvem radioativa exigiu a evacuação de 45 mil pessoas e afetou outros países da Europa (XAVIER et al., 2006). O governo soviético tentou encobrir o ocorrido, uma vez que a usina nuclear era símbolo de avanço e tecnologia, no contexto histórico da Guerra Fria, embate entre o socialismo e capitalismo. Nessa disputa, ambos os lados buscavam mostrar o melhor do seu sistema político-econômico, para implantá-lo em outros países. Desse modo, o enredo do desastre até hoje é questionado, uma vez que não se sabe a veracidade dos dados divulgados. Por exemplo, para as organizações não governamentais morreram 80 mil pessoas, já o governo soviético divulgou em torno de apenas 15 mil mortes (CAMPOS, 1988).

No ano de 1989, o petroleiro Exxon Valdez, da Empresa Exxon, encalhou e dispersou 36 mil toneladas de petróleo bruto no Mar de *Prince William Sound* - EUA. Esse acidente foi provocado porque o capitão se embêbedou e abandonou o posto. Conhecido como o maior desastre ecológico dos Estados Unidos, as consequências ambientais foram danosas, com a mortalidade de 250 mil pássaros marinhos, 22 orcas, 250 águias e bilhões de ovos de salmão. A mancha de óleo se espalhou por 750 quilômetros. Pressionada pelos ecologistas e opinião pública, a Empresa Exxon mobilizou 11 mil homens para a inédita operação de limpeza, que precisou de 1.400 barcos, 85 aviões e bactérias consumidoras de petróleo. Esse trabalho levou seis meses e custou 01 bilhão de dólares, sendo possível devido a conscientização da comunidade, uma vez que a questão ambiental começou a ser levantada no final de década da 60 (O DESASTRE ECOLÓGICO DO SUPERPETROLEIRO EXXON VALDEZ, NO ALASCA, EM 1989, 2013).

O Brasil também foi palco de grandes e severos desastres, como o ocorrido na cidade de Cubatão – SP, em 1984, onde em decorrência de um erro humano, cerca de 700 mil litros de gasolina vazaram de um oleoduto da Petrobrás, que ligava Presidente Bernardes ao Terminal de Alemoa. A tubulação passava em região de mangue, em frente a Vila Socó, formada por casas de palafitas. Duas horas após o vazamento, iniciou-se o incêndio catastrófico, com registro oficial de 93 mortes, embora outras fontes

mencionem até 500 mortes, sendo 400 crianças. Pelo fato das chamas atingirem temperatura de até 1000°C, apenas 86 corpos foram encontrados, o restante calcula-se terem sido completamente eliminados. A Petrobrás assumiu a culpa pelo vazamento, no entanto questionou que quando construiu o Oleoduto Santos-São Paulo não havia moradias dentro do mangue. Em julho de 1984 foi implantado o Programa de Controle da Poluição de Cubatão, que consistia em um levantamento das fontes poluidoras para enfrentar os problemas ambientais, bem como informar a comunidade sobre sua consequente manipulação (COUTO, 2003).

Após três anos, ocorreu o acidente com césio 137 na cidade de Goiânia. O enredo desse desastre se dá entre o Instituto Goiano de Radiologia - IGR, que atendia em um terreno emprestado pela Sociedade São Vicente de Paula. No ano de 1984 o descumprimento do acordo por uma das partes, gerou um conflito de interesses econômicos e políticos, resultando no completo abandono do prédio do IGR entre os anos de 1985 a 1987. Em setembro de 1987 dois rapazes encontraram o aparelho utilizado para radioterapia, o desmontaram e venderam algumas partes como sucata. A cápsula de césio revelou um brilho azul, que encantou os rapazes e rapidamente se espalhou entre parentes e vizinhos. Desse modo, a contaminação se alastrou silenciosamente por Goiânia (MORATO, 2003). Nesse caso é notória que a ausência de gestão dos resíduos sólidos, no caso resíduos sólidos perigosos, foi a responsável por um desastre danoso.

Em relação a gestão dos resíduos sólidos, o Estado de Minas Gerais destaca-se pelo elevado número de desastres envolvendo rompimento de barragens de contenção de rejeito de minério de ferro. Totalizam seis barragens ao longo de 15 anos (FARIA, 2015).

O primeiro rompimento foi em 1986, com a Barragem de Fernandinho, no município de Itabirito, deixando sete mortos, seguida pela Barragem dos Macacos em Nova Lima, em 2001. Passado dois anos rompeu a Barragem em Cataguases, contaminando o rio Paraíba, causando a mortandade de animais e comprometendo o abastecimento de água. Em 2007 a Barragem do Rio Pombo cedeu, seguida pela Barragem de Herculano, novamente em Itabirito,

finalizando esse ciclo com a Barragem de Fundão, em Mariana, classificado como o maior desastre socioambiental ocorrido no Brasil (FARIA, 2015).

A Barragem de Fundão, utilizada para a contenção do rejeito oriundo do processo de mineração da Empresa Samarco, se rompeu no dia cinco de novembro de 2015 estima-se que 39,2 milhões de metros cúbicos de lama avançou sobre o município de Mariana e outras cidades vizinhas, destruiu o distrito de Bento Rodrigues, matou 19 pessoas e culminou na contaminação da Bacia do Rio Doce. O impacto ambiental foi devastador, levando espécies exclusivas desse habitat à extinção. A empresa sofreu 68 penalidades que totalizam cerca de 550 milhões de reais, impostas por órgãos ambientais do governo federal e dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O processo criminal, que pode levar a cadeia diretores da empresa, foi paralisado pela Justiça Federal, uma vez que a defesa argumenta que houve uso de provas ilegais no processo. A opinião pública questionou sobre a atualização do Código de Mineração, que data de 1967, no entanto nada foi modificado (IBAMA, 2018).

4.2. CAPÍTULO 2 – Meio ambiente: sobre ações de preservação e aspectos legais

As primeiras raízes da preocupação com o meio ambiente nasceram no Oriente Médio, com o Código de Hamurábi, o Livro dos Mortos do Antigo Egito, o hino persa de Zaratustra e a Lei Mosaica, que mencionam a preservação do meio ambiente. Deve ser citada também a Magna Carta, de João Sem-Terra, de 1215, que proibia a caça e a exploração de madeira aos súditos, uma vez que a floresta era de domínio real (MARUM, 2002).

No contexto europeu, Espanha e Portugal, dentre outros países, traziam em suas normas referências à proteção da natureza e os condenados por danos ambientais eram exilados no Brasil. Fato peculiar a ser observado, pois desse modo, tal prática colabora para a colonização do país e proporciona um panorama de cultura da futura relação com o meio ambiente brasileiro (MARUM, 2002).

No âmbito do contexto internacional, o grande marco que envolveu o meio ambiente deu-se em 1972, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada pela ONU², sediada em Estocolmo - Suécia. Os frutos dessa reunião foram à internacionalização do direito ao meio ambiente e seu reconhecimento como um direito fundamental do ser humano, além de ser criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - Pnuma, e a "Declaração de Estocolmo" que consiste em 26 proposições denominadas Princípios (PASSOS, 2009).

Foi a partir de então que as Constituições passaram a reconhecer o direito ao meio ambiente, entendendo que se trata de um direito individual e coletivo ao mesmo tempo, pois para garanti-lo é necessário um esforço conjunto do Estado, dos indivíduos e das Nações. Desse modo, a matriz dos demais direitos fundamentais acaba sendo o direito ambiental (MILARÉ, 2004).

A década de 80 foi marcada com alguns acordos multilaterais para o meio ambiente, como a "Convenção sobre o Direito do Mar", com o propósito de reconhecer o leito, os fundos e o subsolo marinho como patrimônio da humanidade, sendo explorado visando o interesse de todos. O "Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio" e a Convenção da Basileia para o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação também datam desta década (MARUM, 2002).

Após 10 anos, no Rio de Janeiro aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, e um dos resultados desse encontro foi a "Declaração do Rio", que atualizou a "Declaração de Estocolmo", com enfoque no conceito de desenvolvimento sustentável, além de consentida a "Convenção sobre a Diversidade Biológica", "Convenção sobre a Mudança Climática" e a "Agenda 21", ou seja, programas a serem desenvolvidos ao

² Organização das Nações Unidas (ONU), ou simplesmente Nações Unidas, é uma organização intergovernamental criada para promover a cooperação internacional. Uma substituição à Liga das Nações, a organização foi estabelecida em 24 de outubro de 1945, após o término da Segunda Guerra Mundial, com a intenção de impedir outro conflito como aquele. Na altura de sua fundação, a ONU tinha 51 estados-membros; hoje são 193. A sua sede está localizada em Manhattan, Nova York, e possui extraterritorialidade. Outros escritórios situam-se em Genebra, Nairóbi e Viena. A organização é financiada com contribuições avaliadas e voluntárias dos países-membros. Os seus objetivos incluem manter a segurança e a paz mundial, promover os direitos humanos, auxiliar no desenvolvimento econômico e no progresso social, proteger o meio ambiente e prover ajuda humanitária em casos de fome, desastres naturais e conflitos armados.

longo do século XXI com o intuito de manter o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e social, e o meio ambiente. Vale mencionar que a década de 90 mostrou-se expressiva com relação às diversas ações afirmativas e políticas públicas, isso nos mais diversos setores da sociedade, e o meio ambiente foi um deles (BRASIL, 2012).

Em 1997 ocorreu a Rio + 5, em Nova Iorque, que visava rever os compromissos assumidos em 1992. Nessa revisão foi possível notar a lenta implementação da Agenda 21, embora estivesse ocorrendo um avanço em relação ao desenvolvimento sustentável. Essa conferência proporcionou a criação de um cenário político favorável à aprovação do Protocolo de Kyoto no final do mesmo ano. A criação do Protocolo de Kyoto³ se deu durante a realização da terceira Conferência das Partes (COP-3), que aconteceu no Japão, em Kyoto. A COP-3 consistia em negociações entre os países para alcançar as metas dos acordos em vigência. Nesse contexto foi criado o Protocolo de Kyoto, ou seja, um documento que estipulava a redução dos gases do efeito estufa entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos, dando origem ao certificado de carbono e ao MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (BRASIL, 2012).

Passados cinco anos, em Joanesburgo, na África do Sul, no ano de 2002 ocorreu outra Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, também chamada de Rio + 10. O propósito desse encontro era avaliar os avanços e identificar os empecilhos que os países estavam enfrentando na busca pelo desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012).

Concluindo o ciclo de reuniões, tem-se a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, que aconteceu em 2012 no Rio de Janeiro. O documento produzido, denominado “O Futuro que Queremos”, mostra que o maior problema a ser combatido é a pobreza. A Rio + 20 reuniu 188 países que se comprometeram a investir cerca de meio bilhão de dólares em projetos, programas e parcerias nos próximos dez anos, nas áreas de economia verde, proteção ambiental, mudanças climáticas, entre outras (BRASIL, 2012).

³ Discutido e negociado em Quioto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de março de 1999. Sendo que para este entrar em vigor precisou que 55 países, que juntos, produzem 55% das emissões, o ratificassem, assim entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, depois que a Rússia o ratificou em Novembro de 2004.

Cabe mencionar os acordos globais que abordam o assunto desastre, haja vista perceber que o desenvolvimento desses instrumentos, em conjunto com mecanismos de consultoria, são fundamentais para a criação de políticas e estratégias voltadas para a gestão eficaz dos riscos de desastre, pois ocorre um avanço no conhecimento e aumenta a conscientização pública, gerando compromisso político e institucional (UNISDR, 2015).

Em âmbito mundial, o Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 (MAH) é o instrumento mais importante para a implementação da redução de riscos de desastres. Adotado pelos países membros das Nações Unidas, o MAH tem como objetivo que as comunidades aumentem a resiliência frente aos desastres, visando para o ano de 2015 uma redução das perdas de vida, bens sociais, econômicos e ambientais. Na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastre, foi adotado o Marco de Sendai 2015-2030, que visa complementar e revisar o MAH (UNISDR, 2015).

4.2.1. Legislação ambiental no Brasil e seu contexto histórico

Segundo Farias (2012), a legislação ambiental brasileira se divide em três fases: a fase fragmentária, a fase setorial e a fase holística. Essa primeira fase, denominada de fragmentária, data do descobrimento até aproximadamente a década de 30. É caracterizada pela ausência de preocupação com o meio ambiente. De acordo com Édis Milaré (2004), na legislação ambiental desse período era comum o esbulho do patrimônio natural e a privatização do meio ambiente.

Na época do descobrimento vigorava as Ordenações Manuelinas, de 1521, onde proibia a comercialização de colmeias sem a preservação das abelhas ou da caça de animais, e o corte de árvores frutíferas passou a ser punida, caso a árvore valesse mais que trinta cruzados. Na época que o Brasil passou para o domínio espanhol, vigoravam as Ordenações Filipinas, que se mostravam mais rigorosas, uma vez que proibia jogar qualquer material na água que implicasse a morte de peixes ou criações (MARUM, 2002).

A década de 1830 foi um momento histórico conhecido como Período Gerencial, pois foi quando Dom Pedro I abdicou do trono em favor do seu filho, então com cinco anos de idade e o governo do Brasil ficou sob a

responsabilidade de regentes. Nesse contexto político foi constituído o Primeiro Código Criminal, em 1830, que qualificou como crime o corte ilegal de madeira e promulgada a Lei nº 601/1850, que discriminou a ocupação do solo no que diz respeito a ilícitos, como desmatamento e incêndios criminosos. Todavia, na prática, só eram punidos quem prejudicasse os interesses da Coroa ou dos grandes latifundiários e comerciantes (MILARÉ, 2004).

Em 1889 ocorreu a Proclamação da República, no entanto a falta de interesse pela questão ambiental permaneceu. Esse cenário se manteve até o final da década de 20, quando começou a imposição de controle legal as atividades exploratórias, iniciando-se a segunda fase, chamada setorial. Contudo, esse controle era utilitarista, uma vez que somente os recursos com valoração econômica eram protegidos (ZULINI, 2016).

O contexto político da segunda década de 1900 consiste na “política das salvaçãoes” do presidente Marechal Hermes da Fonseca, que buscava reduzir o poder das oligarquias produtoras de café, em meio a crises e revoltas. Nesse enredo, destaca-se a importância do Código Civil de 1916, como um precedente de uma legislação ambiental mais específica no que diz respeito à composição dos conflitos de vizinhança (ZULINI, 2016).

Para Neder (2002), o marco brasileiro em relação ao meio ambiente é o estabelecimento do controle federal sobre o uso e ocupação do território e de seus recursos naturais, ocorrido após a década de 30. Desse modo, os recursos ambientais como a água, a fauna e a flora passaram a ser regidos por uma legislação diferenciada e sem articulação entre cada uma das políticas específicas. Assim, os recursos hídricos passaram a se reger pelo Código das Águas ou Decreto-Lei nº 852/38, a pesca pelo Código de Pesca ou Decreto-Lei nº 794/38, a fauna pelo Código de Caça ou Decreto-Lei nº 5.894/43, o solo e o subsolo pelo Código de Minas ou Decreto-Lei nº 1.985/40, e a flora pelo Código Florestal ou Decreto nº 23.793/34.

A partir da década de 60 a edição das normas é marcada com maiores referências as questões ambientais, entrando na segunda etapa da fase setorial, com destaque para o Estatuto da Terra ou Lei nº 4.504/64, o Código Florestal ou Lei nº 4.771/65, a Lei de Proteção à Fauna ou Lei nº 5.197/67, o

Código de Pesca ou Decreto-lei nº 221/67 e o Código de Mineração ou Decreto-lei nº 227/67 (MARUM, 2002).

A fase holística é marcada pelo entendimento do meio ambiente como um sistema integrado, com partes interdependentes, ou seja, essa fase é marcada pelo real interesse em defender e preservar o meio, independente da sua valoração. Desse modo não existe um marco que delimite a transição da fase Setorial para a fase Holística, todavia pode ser observada essa mudança nos acontecimentos das décadas de 70 e 80, que foram marcadas pela formação de um sistema nacional de proteção ao meio ambiente, podendo exemplificar com a Lei nº 6.453, de Responsabilidade por Danos Nucleares, de 1977, a Lei nº 6.803, de Zoneamento Industrial nas Áreas Críticas de Poluição de 1980, a Lei nº 6.938 da Política Nacional do Meio Ambiente, de 1981 e a Lei nº 7.802 de Agrotóxicos, de 1989 (FARIAS, 2012).

Importante ainda dar enfoque para a Política Nacional do Meio Ambiente, pois esta definiu de modo inovador os conceitos, princípios, objetivos e instrumentos para a proteção do meio ambiente. Em seguida, para a Lei da Ação Civil Pública - Lei nº 7.347/85, que instituiu a ação civil pública como instrumento de defesa do meio ambiente, possibilitando que os casos de danos chegassem ao Poder Judiciário. O contexto político era de redemocratização, após vinte anos de ditadura, e o ápice da conquista ambiental veio com a Constituição Federal de 1988, que tratou dos quesitos ambientais, categorizando o meio ambiente como bem protegido constitucionalmente. Para finalizar a década de 90, é editada a Lei nº 9.605/98 de Crimes Ambientais, que sanciona penalidades às atividades danosas ao meio ambiente (NEDER, 2002).

A estrutura administrativa que dá forma ao sistema centralizado, característico da fase Holística, alicerça-se entorno da União, por meio dos seguintes órgãos específicos: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), (DNPM), Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) e Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Esses órgãos desempenham suas competências em todo o território, independente das

legislações estaduais e municipais, gerando então ações descoordenadas e conflitantes (FARIAS, 2012).

4.2.2. Legislação da atividade mineradora

O estudo de caso que se torna pano de fundo desse trabalho é o rompimento da barragem de rejeito de minério da Empresa Samarco, localizada no município de Mariana, Minas Gerais. Assim, como já mencionado anteriormente, os órgãos federais desempenham suas funções independente das legislações estaduais e municipais, gerando conflitos. No entanto, no contexto do desastre será avaliada a legislação dos órgãos federais, bem como um recorte da legislação estadual do Governo de Minas Gerais e do próprio município atingido.

A União é um órgão federativo, que tem a competência exclusiva para legislar sobre a atividade de mineração. Todavia, a legislação que regulamenta a mineração no Brasil é o Código de Minas, Decreto de Lei nº 227 de 1967, sendo que alguns artigos foram revogados pela Lei nº 9.314, de 1996.

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) é uma autarquia federal regulamentada pela Lei nº 8.876/1994 e tem a competência de promover o planejamento e a exploração, bem como assegurar, controlar e fiscalizar a atividade mineradora em todo o país, no que dispõe o Código de Mineração. Também é responsável pelo controle da exploração, que se dá em três etapas: Autorização de Pesquisa, Concessão da Lavra e Permissão de Lavra Garimpeira.

O processo de licenciamento da atividade mineradora é regulamentado pelo Decreto-Lei nº 227/1967. Em conjunto tem-se a Resolução Conama 237, que regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental, instituídos pela Política Nacional do Meio Ambiente.

De acordo com a Resolução Conama 237, em seu Artigo 8, prevê-se:

Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações

constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

Licença de Operação (LO) - *autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.*

Já o Artigo 18 estabelece que:

I - O prazo de validade da Licença Prévia (LP) deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a 5 (cinco) anos.

II - O prazo de validade da Licença de Instalação (LI) deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de instalação do empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a 6 (seis) anos.

III - O prazo de validade da Licença de Operação (LO) deverá considerar os planos de controle ambiental e será de, no mínimo, 4 (quatro) anos e, no máximo, 10 (dez) anos.

Em âmbito estadual, o Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) é o órgão responsável pela política ambiental mineira, capaz de deliberar sobre diretrizes, políticas, normas, regulamentações, técnicas, padrões e licenciamento ambiental.

O COPAM integra a estrutura da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), que tem como órgãos executivos a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF) (PoEMAS, 2005). No ano de 2006, aconteceu a regionalização da SEMAD e do COPAM em Unidades Regionais Colegiadas (URC's), que tem apoio técnico e administrativo das respectivas Superintendências Regionais do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SUPRAMs). Desse modo as URCs, bem como o COPAM, atuam regionalmente no licenciamento ambiental.

Entre políticas públicas, práticas legais e o cenário tido como objeto de estudo, verifica-se que em 2005 inicia-se o processo de licenciamento ambiental de mais uma barragem de rejeitos da Empresa Samarco Mineração S/A, denominada "Barragem do Fundão". Para a etapa de Licença Prévia - LP, foram elaborados o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto

Ambiental (EIA/RIMA) por parte da empresa de Consultoria Brandt Meio Ambiente, e analisados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM.

Em 2008 o COPAM concedeu a Empresa Samarco a Licença de Operação e em 2011 a empresa pediu a renovação da LO, que foi concedida com validade até 2013. No ano de 2012 a Samarco apresentou um novo EIA/RIMA com o objetivo de apresentar um projeto de otimização da Barragem de Fundão, trabalho realizado pela Consultora Sete Soluções e Tecnologia Ambiental. Em 2013 foi elaborado outro EIA/RIMA, produzido pela mesma consultora, que visava reativar a Barragem de Germano e unificá-la com a Barragem do Fundão, formando uma imensa barragem, promover ainda o alteamento dessas barragens. No mesmo ano também foi pedida a renovação da LO do Fundão, a qual não foi concedida. Em 2014 foram emitidas as LP e LI para a otimização das barragens e, passados alguns meses, também foram liberadas as licenças para o alteamento e unificação das barragens. Na Tabela 1 apresenta-se a Cronologia dos Processos de Licenciamento da Barragem do Fundão.

Tabela 1 – Cronologia dos processos de licenciamento da Barragem do Fundão, da Empresa Samarco.

Ano	Fases Processuais
2005	Apresentação do EIA-RIMA para construção da Barragem do Fundão - Consultoria Brandt Meio Ambiente
2008	Concedida a Licença de Operação da Barragem do Fundão
2011	Abertura de Procedimento para Renovação de Licença de Operação
2011	Obtenção da Prorrogação da Licença de Operação até 2013
2012	Apresentação de EIA-RIMA da Otimização da Barragem do Fundão - Consultora Sete Soluções e Tecnologia Ambiental - para Licença Prévia/Instalação
2013	Apresentação de EIA Rima para Unificação e Alteamento das Barragens do Fundão e Germano - Consultora Sete Soluções e Tecnologia Ambiental - para Licença Prévia/Instalação
2013	Pedido de Renovação da Licença da Operação da Barragem do Fundão – em Análise
2014	Concedida a Licença Prévia e de Instalação para Otimização da Barragem do Fundão
jun./2015	Concedida a Licença Prévia e de Instalação para Unificação do Fundão e Germano

Fonte: SIAM (SEMAD, 2015).

Fica notório que no período do desastre, novembro de 2015, as licenças de instalação dos projetos de otimização, alteamento e unificação eram válidas e os EIA/RIMAs apresentados em 2012 e em 2013 deveriam trazer a possibilidade de rompimento da barragem, uma vez que esses documentos são estudos de impactos possíveis acerca dos empreendimentos. Logo, apresentam-se como dados de suma importância para a análise de resíduos sólidos no contexto da barragem de Mariana, objeto de estudo desta pesquisa. Importante evidenciar aqui que, no âmbito legal sobre barragens, também é de responsabilidade da Diretoria de Fiscalização de Atividade Mineradora (DNPM) a fiscalização dos barramentos de rejeitos de mineração, de acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens, sancionada pela Lei nº 12.334/2010. De acordo com essa lei, a fiscalização é dividida entre órgãos dependendo da finalidade de cada barragem, como evidencia-se abaixo:

- i) *barragens para geração de energia, fiscalizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel);*
- ii) *para contenção de rejeitos minerais, fiscalizadas pelo DNPM;*
- iii) *barragens para contenção de rejeitos industriais, sob responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e órgãos ambientais estaduais; e*
- iv) *as de usos múltiplos, sob fiscalização da Agência Nacional de Águas (ANA) ou de órgãos gestores estaduais de recursos hídricos. É de capacidade da ANA organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB.*

Recortando essa lei sob o molde do rompimento da Barragem de Fundão, como já de conhecimento, a fiscalização fica a cargo do DNPM. No entanto, o empreendimento é localizado no Rio Gualaxo, afluente do Rio Doce, e, neste caso, o processo de outorga de direito de uso da água do rio destinado à mineração cabe a gestão estadual, ou seja, é concedida pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

A fiscalização deve proceder por meio de inspeções de segurança regular e deve conter a sua periodicidade, qualificação da equipe responsável, e o detalhamento em função da categoria de risco e do dano potencial associado a barragem, segundo artigo 9º da Política Nacional de Segurança de Barragens. No Cadastro de Barragens de Minérios, a Barragem de Fundão era classificada como categoria de baixo risco e alto dano potencial associado.

Concluindo o procedimento de fiscalização, deve ocorrer o detalhamento do Plano de Segurança de Barragem, de acordo com o artigo 8º. Finalizada a fiscalização, o material coletado deve ser encaminhado para a ANA, a fim de disponibilizá-lo em seu site e no Relatório Anual de Segurança de Barragem.

4.3. CAPÍTULO 3 – Mariana: entre minas e lamas

4.3.1. Aspectos Históricos

Mariana foi a primeira vila, primeira capital, sede do primeiro bispado e primeira cidade a ser projetada em Minas Gerais. A história de Mariana, que

tem como cenário um período de descobertas, religiosidade, projeção artística e busca pelo ouro, é marcada também pelo pioneirismo de uma região que há três séculos guarda riquezas que nos remetem ao tempo do Brasil Colônia (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

Em 16 de julho de 1696, bandeirantes paulistas liderados por Salvador Fernandes Furtado de Mendonça encontraram ouro em um rio batizado de Ribeirão Nossa Senhora do Carmo. Às suas margens nasceu o Arraial de Nossa Senhora do Carmo, que logo assumiria uma função estratégica no jogo de poder determinado pelo ouro e, pouco tempo depois, tornou-se a primeira vila criada na então Capitania de São Paulo e Minas de Ouro. Lá foi estabelecida também a primeira capital (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

Em 1711, por ordem do rei lusitano D. João V, a região foi elevada à cidade e nomeada Mariana – uma homenagem à rainha Maria Ana D’Austria, sua esposa. Transformando-se no centro religioso do Estado, nesta mesma época a cidade passou a ser sede do primeiro bispado mineiro. Para isso, foi enviado, do Maranhão, o bispo D. Frei Manoel da Cruz. Um projeto urbanístico se fez necessário, sendo elaborado pelo engenheiro militar José Fernandes Pinto de Alpoim. Ruas em linha reta e praças retangulares são características da primeira cidade planejada de Minas e uma das primeiras do Brasil (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

De acordo com dados obtidos por meio da Prefeitura Municipal de Mariana, além de guardar relíquias e casarios coloniais que contam parte da história do país, em Mariana nasceram personagens representativos da cultura brasileira. Entre eles estão o poeta e inconfidente Cláudio Manuel da Costa, o pintor sacro Manuel da Costa Ataíde e Frei Santa Rita Durão, autor do poema “Caramuru”. Em 1945, Mariana recebeu do presidente Getúlio Vargas o título de Monumento Nacional por seu “significativo patrimônio histórico, religioso e cultural”.

Tudo isso faz da “Primeira de Minas” um dos municípios mais importantes do Circuito do Ouro e parte integrante da Trilha dos Inconfidentes e do Circuito Estrada Real. A cidade de Mariana também foi tombada em 1945 como “Monumento Nacional” e encontra-se repleta de riquezas do período em

que começou a ser traçada a história de Minas (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

4.3.2. Localização

O município de Mariana situa-se na vertente sul da Serra do Espinhaço, na Zona Metalúrgica de Minas Gerais, conhecida como Quadrilátero Ferrífero, a 697 metros de altitude, fazendo limite com os municípios de Ouro Preto, Barra Longa, Diogo de Vasconcelos, Acaiaca, Piranga, Catas Altas e Alvinópolis (Figura 1). Situa-se na Bacia do Rio Doce, banhada pelo Rio do Carmo, que possui dois afluentes: Gualaxo do Norte e Gualaxo do Sul (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

Figura 1 – Mapa da cidade de Mariana e seus limites municipais



Fonte: Prefeitura Municipal de Mariana, 2003 – Plano Diretor Urbano-Ambiental

A cidade de Mariana possui nove Distritos: Santa Rita Durão, Monsenhor Horta, Camargos, Bandeirantes (Ribeirão do Carmo), Padre Viegas (Sumidouro), Cláudio Manoel, Furquim, Passagem de Mariana, Cachoeira do Brumado (Figura 2) (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

Figura 2 – Mapa dos subdistritos de Mariana, MG



Fonte: Prefeitura Municipal de Mariana, 2003. Plano Diretor Urbano-Ambiental.

4.3.3. Aspectos econômicos

Não diferente da lógica de exploração econômica que deu nome ao estado de Minas Gerais no seu apogeu histórico, o município de Mariana mantém a sua base econômica fincada na atividade mineradora. Este setor, por sua vez e pela sua magnitude, permite o desenvolvimento de uma série de outras atividades relacionadas que também compõem o cenário econômico de Mariana, principalmente relacionadas ao setor terciário (PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA, 2018).

Na mineração, a extração do minério de ferro é a principal atividade geradora de empregos e receita pública e, na situação prévia do desastre, a Empresa Samarco e os seus acionistas majoritários (BHP e Vale) protagonizavam este mercado. Conforme a Prefeitura Municipal de Mariana (2016), a arrecadação de tributos no ano de 2015 foi marcada pela participação da Empresa Samarco, sendo esta responsável por mais de 80% da receita do município. Entretanto, para além da mineração, os distritos de Mariana também desenvolvem fortemente atividades agropecuárias, situando a Cidade de Mariana, em uma das maiores bacias leiteiras do Estado, apresentando

também uma produção de artesanato variado, expressando a diversidade cultural de Minas Gerais.

4.3.4. A Empresa Samarco

A Samarco Mineração S.A. foi fundada em 1973, resultado da fusão de duas empresas: Samitri (51%) e a Marcona Internacional (49%), e tendo sua atividade voltada para a extração de minério de ferro, transporte por dutos e pelotização. Nesse âmbito, a empresa trouxe para o país a tecnologia de concentrar itabiritos por flotação, e desta forma foi a primeira a exportar pelotas de minério de ferro (SAMARCO, 2018).

A primeira expansão da empresa se deu entre 1994 e 1997, com o Projeto Segunda Pelotização (P2P), onde duplicou sua capacidade de produção. Em 1998 iniciou a exportação para o mercado chinês. No ano 2000 a Vale S.A. compra a Samitri e acontece uma reestruturação, com abertura de escritórios em Belo Horizonte, Amsterdã e Hong Kong. O programa P3P aconteceu em 2008, ampliando a capacidade de produção para 54%, com investimento de 3,1 bilhões de reais. Em 2014, a mais recente fase de expansão, Projeto Quarta Pelotização (P4P), amplia a capacidade em torno de 37%, no entanto o cenário é de preços em queda e endividamento da empresa (SAMARCO, 2018).

As ações da Samarco são distribuídas por meio de um *joint venture* entre a Vale e a BHP Billiton, sendo a primeira uma antiga empresa brasileira estatal privatizada em 1997 pelo então governo de Fernando Henrique Cardoso, e hoje a maior empresa de mineração do mundo. A BHP Billiton foi criada a partir da fusão da *Broken Hill Proprietary Company* (BHP), empresa australiana, com a *Billiton*, empresa inglesa que tinha extensiva operação na África do Sul (SAMARCO, 2018).

No cenário atual, a Samarco é uma empresa brasileira de mineração, de capital fechado, controlada em partes iguais por dois acionistas: BHP Billiton Brasil Ltda. e Vale S.A. Seu principal produto são pelotas de minério de ferro, com uma capacidade de produção de 30,5 milhões de toneladas de pelotas de minério de ferro por ano, comercializadas para a indústria siderúrgica mundial,

exportando para 19 países das Américas, Oriente Médio, Ásia e Europa (SAMARCO, 2018).

A Samarco tem representações em Minas Gerais (Unidade de Germano, em Mariana) e no Espírito Santo (Unidade de Ubu, em Anchieta), além de escritórios de vendas em Vitória (ES), Amsterdam (Holanda) e Hong Kong. Emprega cerca de três mil trabalhadores e mantém uma cadeia de 3,5 mil fornecedores (SAMARCO, 2018).

Possui três concentradores instalados na unidade de Germano, em Minas Gerais, que beneficiam o minério e aumentam o seu teor de ferro. A estrutura conta ainda com quatro usinas de pelotização na unidade de Ubu, no município de Anchieta, no Espírito Santo. As duas unidades industriais são interligadas por três minerodutos, com quase 400 quilômetros de extensão cada, que transportam a polpa de minério de ferro entre os dois estados. São pioneiros nesse tipo de transporte (SAMARCO, 2018).

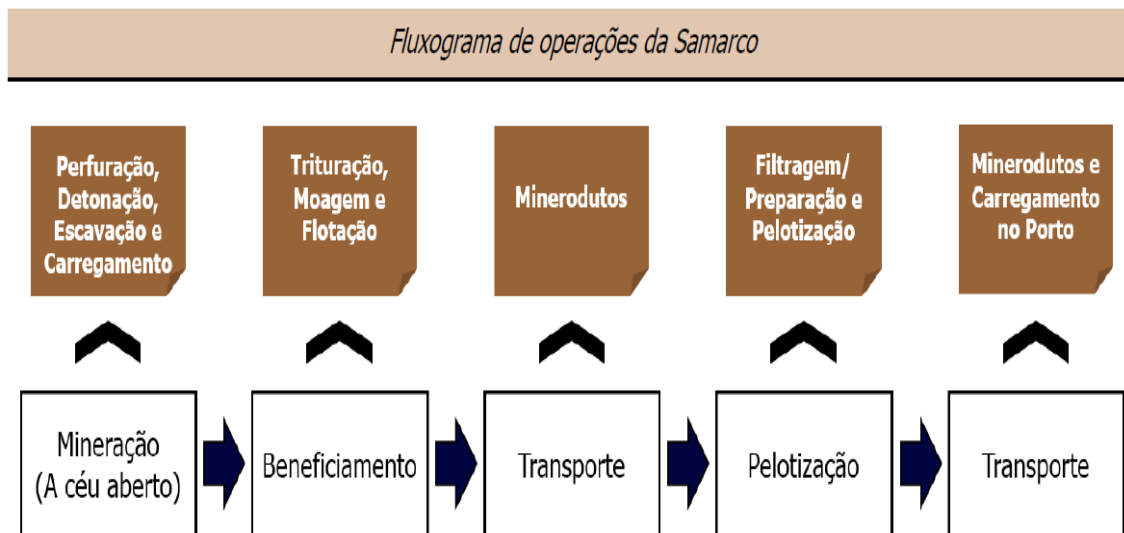
Na unidade de Ubu, conta com um terminal marítimo próprio, por onde escoam toda a produção. Tem também uma usina hidrelétrica em Muniz Freire (ES) e participa do consórcio da usina hidrelétrica de Guilman-Amorim, em Antônio Dias e Nova Era (MG). Juntas, as duas usinas respondem por 14,5% do consumo anual de energia elétrica da Samarco (SAMARCO, 2018).

A fim de compreender a produção dos resíduos sólidos oriundos do processo de mineração, torna-se essencial conhecer o potencial de produção da empresa em questão, uma vez que o beneficiamento, processamento e até o tratamento de minérios, apresentam-se, de acordo com Milanez et al., (2016), algumas etapas de atividades singulares que visam a redução de custos e ainda evitam o transporte de rejeitos.

A empresa, de acordo com o fluxograma abaixo (Figura 3), inicia seu processo de produção pelas atividades em céu aberto com as práticas de perfuração, detonação, escavação e carregamento. Na sequência, atividades de beneficiamento com a trituração, moagem e flotação são realizadas e em seguida ocorre o transporte por minerodutos. Depois, seguem as práticas de pelotização com as filtragens, preparação e pelotização, finalizando com o transporte por minerodutos e carregamento no porto. Importante destacar que o foco deste estudo foi observar e entender as etapas um e dois para atrelar

tais conhecimentos na análise dos resíduos oriundos dessa produção (WOLFF, 2009).

Figura 3 – Fluxograma de operações da Empresa Samarco



Fonte: Zoppa (2016)

No ano de 2013, a companhia produzia 21,7 milhões de toneladas de pelotas de minério de ferro e finos. Em 2014 foi implantado o projeto P4P, responsável por aumentar em 37% a capacidade produtiva anual da empresa, passando de 22,25 Mt para 30,5 Mt. Em termos de rentabilidade financeira, o lucro líquido foi de 2,73 bilhões de reais em 2013, para 2,81 bilhões em 2014 (POEMAS, 2015).

Segundo o Relatório Anual de Sustentabilidade 2013, apresentado pela Empresa Samarco, na unidade de Germano, localizada nos municípios de Mariana e Ouro Preto – MG, a extração do minério de ferro é realizada em minas a céu aberto, sendo 70% do recurso mineral lavrado e, posteriormente, transportado até os concentradores por meio de um sistema de correias transportadoras.

O processo de beneficiamento do minério inicia-se dentro dos concentradores, onde o material extraído, com 46% de teor de ferro, passa pelos processos de britagem, moagem, deslamagem e flotação, para assim atingir as propriedades físicas e químicas específicas, a fim de obter um material concentrado com 67% de ferro. A próxima etapa é de espessamento,

que ajusta a porcentagem de 70% de sólidos e 30% de água na polpa, que então será transportada pelo minerodutos (WOLFF, 2009).

A mineradora, no município de Mariana, realiza apenas o processamento primário do minério extraído. A extração engloba quatro minas a céu aberto no estado de Minas Gerais: Alegria Central, Alegria do Norte, Alegria do Sul e Germano (Figura 4) (SAMARCO, 2018).

Figura 4 – Localização das minas exploradas pela Empresa Samarco



Fonte: Divulgação Samarco/2015

O processo tem sua etapa inicial via transporte por um sistema de correias de 4 km de extensão para a britagem primária, moagens pré-primária e primária, além de deslamagem, nas Plantas de Britagem de Germano I, II e III. As três possuem capacidade de processamento combinada de 65 Mt. por ano. Dois produtos resultam desta etapa: i) minério britado e peneirado ROM (*run of mine*) de granulometria inferior a 12,5 mm e ii) finos de minério entre 1,0 mm e 8,0 mm (MILANEZ et al, 2016).

Neste contexto, a etapa de concentração tem a função de ampliar a proporção de ferro em relação à outras substâncias, dentre elas a sílica, fosfatos e outras. Enquanto nas reservas hematíticas a lavagem constitui o principal processo de redução de impurezas, no Complexo de Alegria, o baixo teor e a diversidade física e mineralógica dos itabiritos da jazida apresentam, segundo FEPAM (2016), dificuldades de cominuição do minério e expressiva produção de lama, resultados de processos de hidratação mais complexos.

A empresa Samarco realiza esta etapa nas Usinas de Concentração de Germano I, II e III, que possuem capacidade de produção anual combinada de 31,9 Mt. de concentrado de minério de ferro. O processo envolve atividades de moagem, deslamagem, flotação e remoagem (SAMARCO, 2015).

A etapa de separação do minério⁴ é realizada através do método de flotação, isto é, por meio de “suspensão em água (polpa)” (CHAVES, 2012, p. 14) de tipo reverso, o que envolve a introdução de amido gelatinizado, hidróxido de sódio, acetato de eteramina e água de diluição. Essa etapa resulta, de acordo com Chaves (2012) em minério recuperado que retorna ao circuito – passando por classificação secundária, moagem secundária e flotação em coluna –, de um lado; e rejeito com teor de 13% de ferro, “que segue por gravidade para a barragem de rejeitos”.

Rejeitos são os subprodutos dos processos de tratamento mineral e sua geração e armazenamento tendem a ser crescentes em função de processos combinados de expansão do volume de extração, depleção quantitativa e qualitativa de reservas e ciclos descendentes de preços, que inibe a criação, adoção e difusão de tecnologias de recuperação de rejeitos ultrafinos, por exemplo (MILANEZ et al, 2016).

Sua disposição sob a forma típica de polpa de água com solo, nesse caso lama, demanda o uso de áreas extensas e grandes estruturas de terra ou rejeitos grossos, como as barragens para sua contenção, construídas por processos de alteamento sucessivos. No caso da Samarco, a lama corresponde a cerca de 30% dos resíduos derivados do tratamento, somando-se a ela resíduos de “granulometria mais grosseira, denominado rejeito arenoso” (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 388), que correspondem a 70% (SUPRAM-ZM, 2008, p. 6).

De acordo com as perspectivas das infraestruturas de contenção, a disposição de rejeito argiloso e arenoso da concentração de minério é realizada por meio de barragens. No Brasil há mais de 600 barragens de rejeitos e, desse total, importante dizer que o DNPM classifica 24 como sendo de alto

⁴ Em síntese, o tratamento mineral separa a matéria-prima em minério, rejeito e estéril. O minério é levado à usina de tratamento para ser adequado às condições exigidas pelo mercado. O teor do minério é a relação da massa total e do metal contido. O rejeito é o material sem valor econômico sólido, líquido e gasoso, que é depositado em pilhas ou barragens (Samarco Mineração, 2015, p. 72).

risco. Levando-se em consideração o volume de produção de minério no decênio de 2014, das 25 maiores minas de minério de ferro no Brasil, 23 estão localizadas no Estado de Minas Gerais e duas no Pará, conforme Tabela 2 (SAMARCO, 2018).

Tabela 2. Relação das maiores minas de ferro no Brasil, distribuídas por estado, empresa e produção.

<i>Relação das 25 maiores minas de minério de ferro do Brasil</i>				
Nome da Mina	Cidade	Estado	Mineradora	Produção (Ton/ano)
1 Serra Norte	Parauapebas	Pará	Vale S.A.	124,364,407.00
2 Itabira	Itabira	Minas Gerais	Vale S.A.	60,787,671.00
3 Minas Centrais	São Gonçalo do Rio Abaixo	Minas Gerais	Vale S.A.	47,895,501.00
4 Minas Itabirito	Itabirito	Minas Gerais	Vale S.A.	46,153,846.00
5 Alegria	Mariana	Minas Gerais	Samarco	40,400,000.00
6 Capão Xavier	Nova Lima	Minas Gerais	Vale S.A.	33,000,000.00
7 Paraopeba	Nova Lima	Minas Gerais	Vale S.A.	30,387,931.00
8 Vargem Grande	Nova Lima	Minas Gerais	Vale S.A.	30,229,746.00
9 Pico	Itabirito	Minas Gerais	Vale S.A.	28,561,820.00
10 Casa de Pedra	Congonhas	Minas Gerais	Companhia Siderúrgica Nacional	25,992,000.00
11 Fábrica Nova (Complexo Mariana)	Catas Altas	Minas Gerais	Vale S.A.	16,366,583.00
12 Capitão do Mato	Nova Lima	Minas Gerais	Vale S.A.	16,000,000.00
13 Fazendão (Complexo Mariana)	Catas Altas	Minas Gerais	Vale S.A.	13,222,299.00
14 Alegria (Complexo Mariana)	Mariana	Minas Gerais	Vale S.A.	11,438,005.00
15 Oeste	Itatiaiuçu	Minas Gerais	Mineração Usiminas	10,663,000.00
16 Corumbá	Corumbá	Minas Gerais	Vale S.A.	7,869,742.00
17 Pau Branco	Brumadinho	Minas Gerais	Vallourec Mineração	6,000,000.00
18 Várzea do Lopes	Itabirito	Minas Gerais	Gerdau Açominas	5,990,439.00
19 Serra Azul	Itatiaiuçu	Minas Gerais	ArcelorMittal Mineração Serra Azul	3,610,685.00
20 Miguel Burnier	Ouro Preto	Minas Gerais	Gerdau Açominas	3,406,425.00
21 Mina do Sapo	Conceição do Mato Dentro	Minas Gerais	Anglo American	2,660,940.00
22 Andrade	Bela Vista de Minas	Minas Gerais	ArcelorMittal Mineração Brasil	2,500,000.00
23 Central	Itatiaiuçu	Minas Gerais	Mineração Usiminas	2,298,000.00
24 Serra Leste	Parauapebas	Pará	Vale S.A.	2,242,610.00
25 Vetorial	Corumbá	Minas Gerais	Vetorial Mineração	2,217,723.00

Fonte: Revista Minérios e Minerale (2014)

Com relação à Samarco, em Mariana foram construídas as barragens: i. do Germano (cuja capacidade de armazenamento se esgotou em 2009); ii. do Santarém; iii. do Fundão; iv. além da cava exaurida do Germano (Figura 5) (SAMARCO, 2018).

Figura 5 – Distribuição das barragens de contenção de rejeitos em Mariana, antes do desastre.



Fonte: Divulgação Samarco (2013)

A Barragem de rejeitos Germano (Figura 6), localizada no vale do córrego do Fundão, é considerada o sistema de contenção de rejeitos mais alto do Brasil, com 175 m de altura. O sistema é composto pela barragem principal, em operação desde 1977, destinada a conter os rejeitos derivados da Usina de Concentração de Germano I; e complementado pelos diques da Sela, Tulipa, Selinha e Auxiliar. Sua capacidade total de contenção foi estimada em 200 milhões de m³ de rejeitos (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 389).

Figura 6 – Aspecto geral da Barragem de Germano, em Mariana, antes do desastre.



Fonte: Divulgação Samarco/ 2013.

A barragem de contenção de Santarém (Figura 7) entrou em operação em 1994, tendo sido construída tanto para a contenção de rejeitos de mina

quanto para utilização como reservatório de recirculação de água. Logo, a água proveniente do beneficiamento do minério de ferro é levada às Estações de Tratamento de Efluentes Industriais (ETELs) e armazenada nesta barragem (SAMARCO MINERAÇÃO, 2015e, p. 72). Situado à jusante da barragem do Germano e do Fundão, o sistema do Santarém sofreu assoreamento do reservatório e demandou expansão via alteamento, chegando à capacidade de 7 milhões de m³ de rejeitos (SUPRAM-CM, 2009, p. 2),

Figura 7 – Aspecto geral da Barragem de Santarém, Mariana, antes do desastre.



Fonte: Divulgação Samarco (2013)

Contudo, a superfície do Germano, primeira a ser lavrada e esgotada já em 1992, vinha sofrendo processo de assoreamento por erosão de suas paredes. A empresa iniciou um programa de recuperação da cava em duas fases. Na primeira, “o material assoreado funcionou como a fundação da pilha de rejeitos” (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 388) e a partir de 2006, na segunda fase, a Empresa Samarco iniciou o “empilhamento de rejeito arenoso” (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 388-9) exclusivamente, de modo que esta área de disposição de rejeitos possui hoje a altura de 160 m (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 377).

O início das operações da Usina de Concentração de Germano II e o consequente aumento da geração de rejeitos (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 388), somados à “previsão de encerramento das atividades da Barragem do Germano em meados de 2009” (SUPRAM-ZM, 2008, p. 2) e à reduzida capacidade operacional do sistema do Santarém, demandou a construção da

barragem do Fundão, localizada no córrego vizinho da Barragem de Germano e à montante da Barragem de Santarém. Assim, o sistema de Fundão, último a entrar em operação, compreende dois reservatórios independentes para a disposição de rejeitos arenosos (Dique 1) e lama (Dique 2). O projeto estimava que a capacidade plena e o tempo de vida útil do Dique 1 seria de 79,6 milhões de m³ e 15,93 anos, enquanto no Dique 2 corresponderiam a 32,2 milhões de m³ e 4,96 anos, respectivamente, de modo que todo o reservatório alcançaria a altura de 90 m e ocuparia uma área de 250 ha (SUPRAM-ZM, 2008, p. 6).

No ano de 2014 foram gerados 21,98 Mt. de rejeitos, entre arenosos e lamas, depositados nas barragens acima identificadas. A massa movimentada de estéril foi de 5,99 Mt. (SAMARCO MINERAÇÃO, 2015, p. 72). Tais dados evidenciam as relações entre a intensificação dos processos produtivos na mineração e a necessidade de construção de megaestruturas, neste caso as barragens, para descarte de rejeitos, constituindo riscos potenciais para o meio ambiente e à sociedade que vive no seu entorno. Além disso, este processo exige a implementação de fixos e fluxos, constituindo redes que garantem a fluidez da produção, por meio de ferrovias, minerodutos, estradas, portos e outros (ÁVILA & SAWAYA, 2011, p. 388).

No que concerne aos rejeitos dos concentradores, Wolff (2009) evidencia que estes também passam por um processo de espessamento, que tende a recuperar a maior quantidade de água sem sólidos, os quais voltarão para o processo. Os rejeitos e estéreis resultantes nesse processo são destinados para barragens e pilhas de estéril. Evidencia ainda que os rejeitos oriundos do processo de beneficiamento apresentam considerável teor de ferro, decorrente da ineficiência no processo. Essa perda resulta em elevado volume de rejeito com potencial econômico. A constituição do rejeito é caracterizada com uma concentração de 30% a 50% em peso, sendo a outra fração líquida.

A indústria de mineração utiliza a seguinte classificação para os rejeitos:

- *rejeitos grossos ou granulares: partículas com diâmetros maiores do que 50 µm;*
- *rejeitos finos: partículas com diâmetros abaixo de 50 µm*

- *lamas ou rejeitos ultrafinos: partículas com diâmetros menores do que 10 µm.*
- *estéril: material improdutivo, inútil.*

De acordo com Kokay (2015), no que tange às possíveis causas do acidente em Mariana, destaca-se que assim que o desastre aconteceu surgiram algumas hipóteses sobre os motivos e circunstâncias que levaram ao evento. Dentre eles:

- A barragem sofreu o processo de liquefação do rejeito, que consiste na deposição da areia na parte frontal da barragem, devido à variação brusca de pressão interna do depósito, a areia retém a água sendo que ela tem a função de expelir, e filtrar os resíduos;
- Falhas na construção e/ou manutenção da barragem;
- Utilização do reservatório além do limite da sua capacidade, em conjunto com uma fiscalização ineficaz por parte dos órgãos competentes;
- Segundo sismógrafos da Universidade de Brasília (UNB) ao menos onze pequenos abalos sísmicos, de magnitude entre 1,7 e 2,7 graus na Escala Richter foram detectados nas áreas de Itabira, Itabirito e Mariana;

Grande parte dos especialistas acredita que o processo de liquefação foi o responsável pelo rompimento da Barragem de Fundão. A causa do rompimento, segundo os peritos, ocorreu, entre outros problemas, por mudanças no sistema de drenagem, fazendo com que o rejeito perdesse estabilidade por acúmulo de água. Outro problema levantado decorrente à falha na drenagem foi a mistura dos rejeitos de lama e areia, o que não era previsto no projeto.

4.4. CAPÍTULO 4 – Mariana, Samarco, desastre e resíduos

Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral, as décadas de 80 e 90 foram marcadas pela estagnação da economia mineral no Brasil. Na primeira década dos anos 2000 aconteceu o “*boom das commodities*” devido a

grande demanda por minerais, elevação dos preços e inovações em beneficiamento de minérios.

Dentre 2003 e 2013, a participação dos minérios na exportação passa de 5,0% para 14,5%, tendo o minério de ferro correspondido a 92,6% desse total. A mineradora Samarco responsável pelos processos de mina, mineroduto, pelotizadora e porto, se torna a principal empresa responsável por abastecer o mercado global com bens naturais semitransformados extraídos no Brasil (POEMAS, 2015).

Pode ser mencionado como marco do fim desse megaciclo, o rompimento da barragem de rejeito de Função, no dia 5 de novembro de 2015, pertencente a mineradora Samarco. Dados indicam que existe uma relação estrutural entre eventos de rompimento de barragens de rejeitos e os ciclos econômicos da mineração. Essa relação estaria associada à aceleração dos processos de licenciamento ambiental e à pressão sobre os órgãos licenciadores na fase de preços elevados, bem como à intensificação da produção e pressão por redução de custos no período de redução dos preços (POEMAS, 2015).

O maior desastre socioambiental da história do Brasil ocasionou a destruição do distrito de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, pertencentes à Mariana, e ainda afetou o distrito de Gesteira, pertencente ao município de Barra Longa, desabrigando centenas de pessoas, e com inúmeros impactos ambientais e socioeconômicos ao longo da Bacia do Rio Doce (FORÇA-TAREFA, 2016).

Criada para receber o rejeito proveniente do beneficiamento do minério de ferro, a barragem de Fundão detinha cerca de 56,6 milhões de m³ de resíduos, classificados como sólidos não perigosos e não inertes, ou seja, formado basicamente por areia e metais, segundo NBR 10.004. No momento da ruptura da barragem, foram liberados cerca de 43,7 milhões de m³ de rejeito, resultando na onda de lama que dizimou o distrito de Bento Rodrigues, causando 19 mortes. Suspeita-se que o rompimento da barragem tenha sido causado pelo processo de liquefação do rejeito, ou seja, a areia depositada na parte frontal da barragem retém água, devido à variação brusca de pressão

interna do depósito. A princípio essa areia tem a função de expelir a água e filtrar os resíduos (LUZ & ALMEIDA, 2004).

Na Figura 8 ilustra-se a área de influência proposta pelo EIA-RIMA (2017), composta pelas três barragens da Samarco, bem como o povoado de Bento Rodrigues, com destaque para o limite até onde os impactos do empreendimento deveria se restringir do ponto de vista técnico.

Figura 8 – Localização das três barragens da Empresa Samarco, com destaque ao Distrito de Bento Rodrigues



Fonte G1 (2015)

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2015), a onda de lama que se formou em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, atingiu 663 quilômetros de rio, comprometeu 1.469 hectares de vegetação, soterrou 207 edificações do distrito de Bento Rodrigues e atingiu o rio Doce, maior bacia da região Sudeste, com 82.646 quilômetros quadrados. Conseqüentemente, ocorreu aumento da turbidez da água, levando a morte milhares de peixes e outros animais. Estima-se que de 80 espécies nativas, 11 foram classificadas como ameaçadas de extinção, sendo que 12 existiam apenas nessa região. A Figura 9 ilustra o rastro da destruição.

Figura 9 – Rastro de destruição da lama, considerando toda a extensão da bacia hidrográfica do rio Doce.



Fonte: Barcelos (2015)

A Empresa Samarco, em seus discursos, afirma que a Barragem de Fundão mantinha um volume de 55 milhões de metros cúbicos de rejeito, no entanto, comportaria até 111 milhões de metros cúbicos, conforme licenciada pela Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Supram. Após o rompimento foram liberados 43,7 milhões de metros cúbicos de rejeito, sendo que essa onda de lama passou por cima da Barragem de Santarém (reservatório de água e sedimentos) que conteve parte desse volume. Outra parcela dessa onda ficou contida no barramento e na área de reservatório da Usina de Candonga, liberando então um total de 10,5 milhões de metros cúbicos de rejeitos ao longo de 680 km do rio Doce. Ainda segundo dados da empresa, o maior impacto se concentrou nos primeiros 80 km da bacia, com perda de 2,2 mil hectares de área produtiva.

O desastre do dia 5 de novembro de 2015 marcou uma das maiores tragédias socioambiental do Brasil, responsável por derramar 43,7 milhões de metros cúbicos de lama. Após percorrer os rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, chegou à foz, berço de reprodução das espécies marinhas. Causou a morte de 11 toneladas de peixes, levando a extinção cinco espécies. O mar de lama passou por 35 municípios de Minas Gerais e quatro do Espírito Santo,

comprometendo o abastecimento de água à população e cerca de 1,2 milhão de pessoas sofreram com a falta d'água. No entanto, os mais atingidos foram os pescadores, ribeirinhos, agricultores e o povoado indígena Krenak (SASSINE, 2015).

4.4.1 Resíduos sólidos resultantes do rompimento versus gestão.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz no Art. 3º a definição de resíduos sólidos:

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Os resíduos de desastre são todos os materiais gerados após determinado evento que causa destruição e, por esse motivo, os resíduos apresentam distinta composição e características. O volume produzido de resíduo também é variável, bem como sua periculosidade ou capacidade de ser reciclável. Desse modo, a abordagem sobre os resíduos de desastre é ampla, devido a suas variáveis, ao mesmo tempo em que se torna muito específica, dependendo do local e condições que ocorreram (BARBA, 2015).

O estudo de caso abordado tem como principal resíduo gerado a lama e, conseqüentemente, os outros rejeitos que permaneceram após a passagem dessa lama, como o resíduo da construção civil, os resíduos híbridos, resíduos naturais e, por último, os resíduos de doação. O relatório fotográfico aqui exposto, como já dito anteriormente, é proveniente de uma visita ao subdistrito de Bento Rodrigues e Paracatu, sendo apresentado para demonstrar um pouco da presente situação.

4.4.1.1. A Lama

Como o enfoque deste estudo é o rompimento da barragem de rejeito da Mineradora Samarco, o principal resíduo sólido a ser abordado é a lama,

oriunda do processo de beneficiamento do minério de ferro, constituída basicamente por areia e metais, classificada como resíduo sólido não perigoso e não inerte, segundo NBR 10.004.

Após o desastre, a Empresa Samarco afirmou que o rejeito não era tóxico e não apresentava periculosidade à saúde humana, pois não disponibilizava contaminantes para a água. No entanto, segundo análise realizada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Baixo Guandu, amostras de água coletadas no centro de Valadares apresentaram elevados níveis de concentração dos metais, como chumbo, mercúrio, níquel, entre outros, que são nocivos à saúde, em altas taxas. O Relatório Parcial Expedição Rio Doce, produzido pelo Grupo Independente de Avaliação do Impacto Ambiental – GIAIA (2016), formado por um público científico-cidadão, traz em seu conteúdo que os elementos químicos manganês, arsênio e chumbo apresentam concentrações acima do que preconizado pela legislação CONAMA.

Segundo Milanez (2016), os cinco elementos químicos com concentração mais expressiva na lama e, conseqüentemente, com maior potencial de danos ao meio são: ferro, cobre, chumbo, manganês e zinco. Ainda de acordo com Milanez (2016) é importante destacar que, embora, aparentemente os produtos químicos adicionados durante o beneficiamento do minério e no tratamento do rejeito ofereçam poucos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, a mesma fala não pode ser usada em relação aos metais presentes no rejeito gerado pela Samarco.

Atualmente as reservas minerais possuem diferentes minérios, além daqueles extraídos. Entre os minerais metálicos existe um grupo, geralmente denominado de metais pesados, os quais despertam expressiva preocupação em relação aos seus efeitos sobre os seres vivos e saúde humana. A Tabela 3 exemplifica alguns desses metais, que são acumulativos e ainda “(...) são potencialmente cancerígenos ou influenciam negativamente o sistema nervoso humano” (MILANEZ, 2016, p. 58).

Tabela 3 – Efeitos dos metais sobre o meio ambiente e saúde humana

Substância	Efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana
Arsênio	Substância tóxica para organismos aquáticos. A ingestão crônica aumenta o risco de câncer de pulmão, bexiga e rins.
Bário	Ingestão de grandes quantidades de compostos de bário pode causar alterações no ritmo cardíaco.
Chumbo	Substância bioacumulativa. Ingestão pode afetar sistema nervoso central. É uma substância tóxica para a reprodução humana e provável cancerígeno.
Cobalto	Substância tóxica para organismos aquáticos e bioacumulativa. Exposição oral pode causar náusea e vômito, além de danos ao fígado. É um possível cancerígeno.
Cromo	Pode se apresentar na forma metálica ou em diferentes estados de oxidação. A forma de cromo hexavalente é classificada como cancerígeno.
Manganês	Substância perigosa para o meio ambiente e bioacumulativo. Estudos sugerem que exposição excessiva pode causar déficits neurológicos em crianças, comprometendo funções cognitivas ou causando hiperatividade.
Mercúrio	Em sua forma metálica apresenta baixa mobilidade. Em contato com matéria orgânica pode formar metil mercúrio, que é muito tóxico para organismos aquáticos e

Fonte: PoEMAS. Mimeo. 2015.

4.4.1.2. Resíduos da Construção Civil

O subdistrito de Bento Rodrigues abrigava centenas de famílias, era uma comunidade que não dependia exclusivamente da mineração, e os moradores que ali viviam criavam animais e cultivavam grande parte de seus próprios alimentos. Merece destaque a produção de Geleia de Pimenta Biquinho, uma iniciativa interessante organizada pela Associação de Hortifrutigranjeiros de Bento Rodrigues ou AHOBERO. A produção alcançava 400 unidades por dia e representava uma alternativa econômica à mineração. Com o rompimento da barragem de rejeitos da Samarco, a área de cultivo foi totalmente devastada (FREITAS, 2016).

Bento Rodrigues contava 300 anos de história e fazia parte dela a capela de São Bento, datada do século XVIII. Também existia a Escola Estadual de Bento Rodrigues, que servia de local para as reuniões da Associação de Moradores. No entanto, o distrito foi totalmente destruído e pouca coisa sobrou, como se verifica nas fotos a seguir (FREITAS, 2016).



Fotografia 01 - Ruínas da Associação de Moradores do Distrito de Bento Rodrigues, totalmente destruída após a passagem da lama em novembro de 2015. Fonte: (Alunos do curso de Engenharia Ambiental/USP, 2016).



Fotografia 02 - Ruínas da Escola Estadual do Distrito de Bento Rodrigues, destruída após passagem da lama em novembro de 2015. Fonte: (Alunos do curso de Engenharia Ambiental/USP, 2016).

Neste contexto, um dos resíduos sólidos característico desse desastre é o Resíduo da Construção Civil - RCC, uma vez o subdistrito era predominantemente residencial. Guerra (2009) diz que em áreas com elevado desenvolvimento urbano a geração média de RCC é de 1,5 toneladas por metro quadrado construído, já em áreas residenciais essa média é de 0,75 toneladas por metro quadrado construído. Um exemplo para fins comparativos é com o Terremoto da Zona do Café, ocorrido na Colômbia em 1999, que gerou 3.000.000 de metros cúbicos de RCC e 900.000 metros cúbicos para a reconstrução dessa região. No caso das áreas afetadas, não existe ainda

nenhuma política de gestão dos resíduos decorrentes do desastre. Em alguns locais, como Barra Longa, verificou-se maior empenho na retirada do material existente na área urbana, mas no Distrito de Gesteira a situação ainda permanece semelhante, sendo apenas “ocultada” pelo tempo em função da vegetação que encobre os locais. Em Bento Rodrigues a situação é semelhante e em Paracatu de Baixo, outro distrito atingido, a movimentação de máquinas tem sido mais constante.

4.4.1.3. Resíduos Híbridos

Os resíduos híbridos foram assim denominados justamente por se tratar dos resíduos oriundos do cotidiano das famílias, como utensílios domésticos, material escolar, roupas, álbuns de fotografias, objetos pessoais e outros. Verifica-se que muitos desses materiais não apresentam possibilidades de reciclagem ou reaproveitamento e não expressam valor econômico, mas sim muito valor afetivo, situação que pode ser evidenciada por meio da fotografia dessa sala de aula (Foto 03), com livros, cadernos com registros escolares e pessoais, bem como pelos utensílios utilizados pelos moradores de Bento Rodrigues (Foto 04).



Fotografia 03 – Materiais escolares que estavam presentes em sala de aula, e que foram misturados a lama durante passagem da mesma no Distrito de Paracatu de Baixo. Fonte: (Alunos do curso de Engenharia Ambiental/USP, 2016).



Fotografia 04: Utensílios domésticos que ainda se encontram no Distrito de Bento Rodrigues, após a passagem da lama em novembro de 2015. Fonte: (Foto de Espindola, 2016).

4.4.1.4. Resíduos Naturais - restos da vegetação

Resíduos naturais compreendem os restos vegetais de árvores, folhas, galhos, além de animais domésticos que foram perdidos durante a passagem da lama. Em específico nesse contexto, o volume de peixes mortos, que totalizou 11 milhões de toneladas, que são caracterizados como um tipo de resíduo natural, pois com o passar dos dias entram em processo de decomposição, produzindo gases mal cheirosos e, com a intensidade solar, o mau cheiro tende a se intensificar (Silva, 2015).

As fotografias 05 e 06 exemplificam essa classificação de resíduos.



Fotografia 05 - Restos de vegetal em meio a lama, após desastre ocorrido em novembro de 2015. Fonte: (Alunos do curso de Engenharia Ambiental/USP, 2016).



Fotografia 06 - Restos de vegetação em meio a lama, após desastre ocorrido em novembro de 2015.
Fonte: (Alunos do curso de Engenharia Ambiental/USP, 2016).

Segundo Guerra (2009) madeiras, cinzas e vegetação são resíduos característicos de terremotos, inundações, erupção e furações. Um exemplo de desastre natural foi o ocorrido em 2002, quando o vulcão Reventador, localizado próximo da cidade de Quito, no Peru, entrou em erupção liberando 1.000.000 de toneladas de cinzas que atingiu 15 quilômetros de altitude. O processo de limpeza desse resíduo priorizou as vias públicas e o aeroporto. De acordo com Silva (2015) foram coletados 1.200 toneladas de cinzas por dia, mas acarretou algumas complicações no tratamento de água, devido ao aumento da turbidez e ocorrência de risco de entupimento na rede de esgoto. Assim, dependendo da magnitude do desastre, torna-se cara e demorada a remoção dos resíduos, por falta de gestão, planejamento e conhecimento sobre a destinação adequada, situação essa que vem sendo registrada na maioria das áreas atingidas pelo desastre (GUERRA, 2009).

4.4.1.5. Resíduos de Doações pós-desastre

Independentemente do tipo de desastre, sempre existem movimentos sociais em prol às campanhas de doações, Silva (2015) aborda esse assunto e conclui que a gestão de doações deve fazer parte dos planos de resíduos de desastres, uma vez que a falta de planejamento pode exceder a capacidade de armazenamento e absorção pela comunidade atingida, além de receber itens

desnecessários, o que resulta em mais um tipo de resíduo para a região atingida.

A Associação Brasileira de Captadores de Recursos - ABCR (2016) aborda a questão de doadores doarem bens não desejados, o que transforma essa doação em resíduo e acaba por atrapalhar as organizações que cuidam da distribuição desses bens. Desse modo, a ABCR chama atenção para que seja feita uma doação consciente de bens servíveis aos atingidos.

Segundo divulgado pela mídia local, as doações recebidas após o Desastre de Mariana vieram de todo o país, sendo roupas, alimentos, dinheiro, itens de higiene e limpeza, brinquedos e principalmente água mineral. Consta que as doações em dinheiro ultrapassaram 1 milhão de reais, e com as doações de alimentos foi possível montar cerca de duas mil cestas básicas destinadas às famílias atingidas. No dia 10 de novembro de 2015 a Prefeitura Municipal de Mariana divulgou um comunicado que suspendia as doações, devido ao volume arrecadado, que foi de mais de quinze mil toneladas – entre roupas e alimentos - e a preocupação com o desperdício dos suprimentos já doados.

4.4.1.6. Gestão dos resíduos

A gestão dos resíduos sólidos consiste em um grande desafio mundial, não menos para o Brasil, uma vez que deveriam estar em consonância com um plano de recuperação. No entanto, o fator que limita essa articulação são os recursos técnicos e especializados nesse contexto (BROWN, 2009).

Os planos de gestão de resíduos de desastre podem estar inseridos nos planos de resíduos sólidos ou ser um documento único, como por exemplo, o Plano de Emergência do Estado do Rio de Janeiro (PEM/RJ), que usa tecnologia gerencial para a redução do risco de desastre, gestão de crises e aplicação de estratégias para o retorno à normalidade. Independentemente do formato deve conter medidas e ações que gerenciam os resíduos, de modo rápido e em respeito às leis vigente (SILVA, 2015).

Para uma gestão adequada os seguintes fatores devem ser considerados: opções de tratamento; perigos ambientais; recursos financeiros; mão de obra; transporte dos resíduos e capacidade disponível para a disposição final destes (Almeida 2009). Com base no estudo de caso sobre os desastres no Estado de Santa Catarina, ocorridos em 2008, afirma que o Brasil desenvolve uma “gestão de crise” e não uma “gestão de risco”, devido à ausência de ações de previsão e prevenção, e forte atuação na mitigação pós-desastre.

Segundo Brown & Milke (2009) os planos de gestão de resíduos de desastre tentam conciliar fatores sociais, ambientais e políticos. No entanto, quando o desastre acontece, aumenta a complexidade da gestão, pois o trabalho a ser executado se dará em uma comunidade abalada e em um curto espaço de tempo. Assim, a estratégia principal é a rápida remoção dos resíduos, de um modo geral, objetivando o acesso as vias públicas às equipes de socorro.

A literatura divide a gestão dos resíduos sólidos em três fases: a primeira visa a remoção dos riscos à saúde e a segurança da comunidade, e proporciona a prestação de serviços essenciais; a segunda, consiste na restauração da rotina da comunidade e a terceira incide na reconstrução, ou seja, na remoção dos resíduos sólidos gerados no desastre que não foram priorizados nas ações emergenciais (BROWN & MILKE, 2009).

Na fase de resposta, a retirada dos resíduos gerados visa à liberação às equipes de resgate e de busca por sobreviventes, por esse motivo as ações devem ser rápidas e podem não atender as políticas ambientais e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos, como por exemplo, queimada a céu aberto para o controle imediato de vetores (BROWN & MILKE, 2009). A gestão dos resíduos gerados acontece de forma efetiva na fase de recuperação, momento que trabalha com os resíduos da construção civil e restabelece os serviços de coleta, tratamento e disposição adequada dos resíduos sólidos (SILVA, 2015).

No contexto brasileiro, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei nº 12.608, de 2012, tem por objetivos abranger as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação frente aos desastres, além de definir os instrumentos de como a gestão de riscos de

desastres e a gestão de desastres serão implementadas no Brasil, além de autorizar a criação do Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres, que atua por meio de base de dados compartilhada entre os integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

Em 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305, de 2010, que torna obrigatória a elaboração de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), por parte dos municípios, pois somente assim terão acesso a recursos da União, destinados à limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos.

O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) é um dos instrumentos da PNRS, que coleta e sistematiza dados relativos aos serviços públicos e privados de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. A Tabela 4 demonstra a premissa do plano, com relação às metas favoráveis, intermediárias e desfavoráveis, considerando os resíduos de mineração.

Tabela 4 – Resíduos de Mineração: implantação de planos de gerenciamento de resíduos de mineração (PGRMs)

Resíduos de Mineração						
Implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos de Mineração – PGRMs						
Meta	Região	Plano de Metas Favorável				
Implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos de Mineração - PGRMs	Brasil	2015 (1)	2019	2023	2027	2031
	Região Norte	90				
	Região Nordeste	90				
	Região Sul	90				
	Região Sudeste	90				
	Região Centro-oeste	90				
	Custo					
Meta	Região	Plano de Metas Intermediário				
Implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos de Mineração - PGRMs	Brasil	2015(1)	2019	2023	2027	2031
	Região Norte	75	80	85	90	
	Região Nordeste	75	80	85	90	
	Região Sul	75	80	85	90	
	Região Sudeste	75	80	85	90	
	Região Centro-oeste	75	80	85	90	
	Custo					
Meta	Região	Plano de Metas Desfavorável				
Implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos de Mineração - PGRMs	Brasil	2015(1)	2019	2023	2027	2031
	Região Norte	60	65	70		
	Região Nordeste	60	65	70		
	Região Sul	60	65	70		
	Região Sudeste	60	65	70		
	Região Centro-oeste	60	65	70		
	Custo					

(1) Até 2014, os empreendimentos minerários deverão ter seu Plano de Gestão de Resíduos Sólidos na Mineração, cujos prazos serão definidos entre o órgão licenciador e a empresa responsável

Fonte: Revista Minerios e Minerales (2014)

Retomando o foco de estudo desse trabalho, ao analisar o PMGIRS do município de Mariana - MG, em busca da abordagem relacionada à gestão dos resíduos oriundos de desastre, observa-se a ausência desse assunto. O PMGIRS data de 2007, sendo realizado pela Fundação Gorceix/Universidade Federal de Ouro Preto, junto com a Prefeitura Municipal de Mariana e financiado pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente.

4.4.1.7. Os impactos

Sobre este evento, verifica-se que além dos impactos imediatos do rompimento da barragem, faz-se pertinente considerar outros deles que podem ser caracterizados como sendo de médio e longo prazo tanto para o meio ambiente como para a saúde humana (IBAMA, 2015).

Importante destacar que tais impactos estão atrelados às características químicas e físicas do rejeito da barragem e ainda das condições do solo e das atividades econômicas desenvolvidas ao longo do vale do rio Doce e seus afluentes, uma vez que a extensão alcançou outros diversos solos, como demonstra o percurso da lama (Figura 10) (IBAMA, 2015).

Figura 10: Caminho percorrido pela lama após rompimento da Barragem do Fundão



Fonte: Revista Greenpeace/ 2015.

O impacto mais imediato do rompimento da barragem foi a total destruição da paisagem, que foi coberta por uma camada de lama espessa na região de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo e um pouco mais delgada ao longo das margens do rio Doce (Figura 11) (MANENTI, 2015).

Figura 11 - Região de Paracatu de Baixo, após passagem da lama



Fonte: Revista Greenpeace (2015)

De acordo com Milanez (2018), em geral os rejeitos de barragem apresentam baixo teor de nutrientes e carbono orgânico, sendo praticamente estéreis para a recuperação ambiental. Apesar de apresentar bastante areia, a granulometria é muito pequena, o que dificulta a penetração da água e limita o desenvolvimento de plantas. Ainda, como se utiliza hidróxido de sódio no tratamento do minério, o rejeito possui um caráter básico, sendo necessária a correção do seu pH tanto para o cultivo de alimentos, quanto para programas de reflorestamento.

Essas características indicam que a área impactada pelo rompimento da barragem, em condições naturais, somente irá se recuperar em um prazo bastante extenso, sendo fundamental um amplo programa de recuperação ambiental para garantir esse processo em um tempo adequado. Segundo o Laudo Técnico Preliminar, elaborado pelo IBAMA (2015), os impactos foram tão perversos e profundos que se torna impossível mensurar qualquer prazo para retornar ao equilíbrio do meio.

Nesse cenário, o Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo, em um dos Relatórios de Monitoramento da

Influência da Pluma do Rio Doce (2017), após o rompimento da Barragem de Rejeito em Mariana/MG, destaca que é possível analisar as alterações químicas ocasionadas pelas situações abaixo:

- ✓ *A concentração de Material Particulado em Suspensão atingiu o valor de 9000mg/L na primeira semana, quando a lama chegou ao mar;*
- ✓ *Verificou-se aumento nas concentrações de nutrientes dissolvidos;*
- ✓ *Verificou-se aumento na concentração dos elementos alumínio, ferro, manganês, bário, cobre, níquel, zinco, chumbo, cromo e vanádio, seja relacionado de forma direta com o desastre ou decorrente de processos secundários;*
- ✓ *Verificou-se aumento na densidade numérica de fitoplâncton, no entanto com baixa riqueza de espécies, uma vez que muitas desapareceram, modificando a estrutura da comunidade;*
- ✓ *Na comunidade de zooplâncton foi observada uma diminuição no número de espécies, podendo estar associado a uma perda de biodiversidade;*

Segundo Relatório de Força-Tarefa (2016), a onda de lama alterou a turbidez da água, que é causada pela presença de materiais sólidos em suspensão, e atingiu valores altíssimos e discrepantes com as médias históricas. A variação desse parâmetro está intimamente ligada com a penetração de luz na água, o que implica na redução da fotossíntese dos organismos, como por exemplo, a comunidade de fitoplâncton. Desse modo, a grande mortandade de peixes e outros animais aquáticos se deram por asfixia.

Deve-se considerar ainda o impacto do assoreamento do rio Doce, pois à medida que a lama se deposita no leito do rio, esse tende a se tornar mais raso. O rompimento da barragem ocorreu em um dos períodos de seca mais extrema do rio Doce. Considerando as previsões que foram associadas ao processo de mudanças climáticas, como previsto houve eventos de chuvas extremas na região Sudeste. Logo, as cidades às margens do rio Doce que já sofriam com eventos recorrentes de inundações, com a calha do rio mais rasa

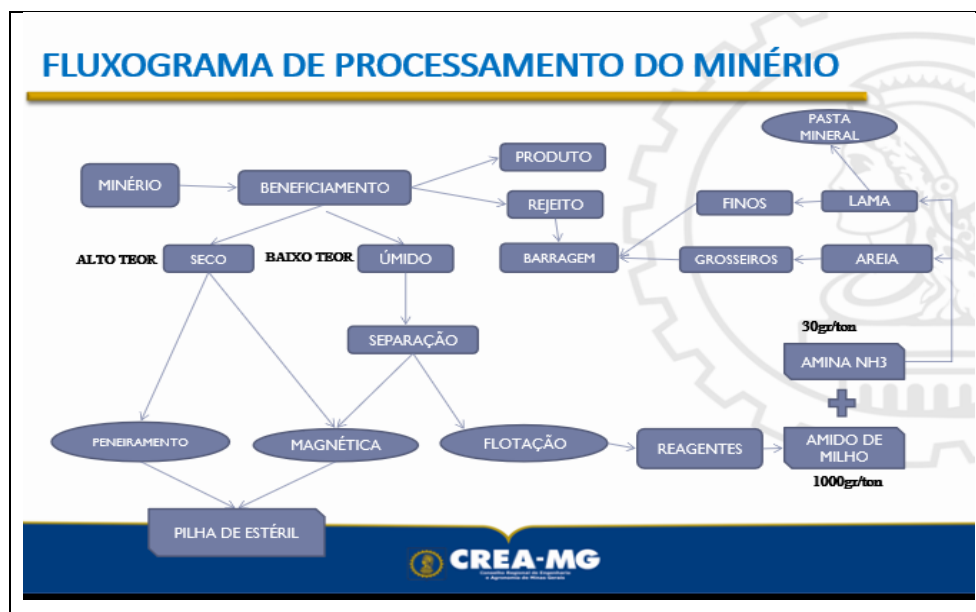
esse problema será agravado. Isso implicou ainda na falta de abastecimento de água para os municípios (FORÇA-TAREFA, 2016).

Convém destacar que a lama é um material inerte e ao se depositar nas encostas, compromete a capacidade produtiva do solo ali presente, pois apresenta valores baixos de nutrientes e de matéria orgânica. Por consequência, o pH do solo altera, apresentando valores ácidos. Menciona-se ainda o fato de que existe componentes químicos na lama que foi lançada sobre o vale do rio Doce (MILANEZ, 2016).

Após o rompimento da barragem, a Samarco afirmou, por meio de nota, que “o rejeito é inerte”. A empresa enfatizou que o “rejeito é composto, em sua maior parte, por sílica (areia) proveniente do beneficiamento do minério de ferro e não apresenta nenhum elemento químico que seja danoso à saúde” (SAMARCO, 2015). Contudo, grande parte dos metais e substâncias químicas potencialmente presentes no rejeito, mesmo em pequenas quantidades, podem causar prejuízos à saúde humana ou ao meio ambiente. Apesar desse risco, a empresa não divulgou publicamente análises químicas da água e do sedimento do rio.

Com relação as fases do processamento do minério, sabe-se que a etapa de separação do minério por flotação pressupõe o uso de diferentes produtos químicos, entre eles o hidróxido de sódio (soda cáustica) e o acetato de éter-amina. Essas substâncias, em grande parte, são lançadas nas barragens, juntamente com o rejeito da produção. O hidróxido de sódio é usado principalmente para elevar o pH, facilitando a separação do minério de ferro. Ele é uma substância irritante para os olhos, mucosa e pele, sendo que a exposição a essa substância causa irritação do trato respiratório, podendo mesmo causar ulcerações nas passagens nasais. Ao se misturar com a água dos rios, o hidróxido de sódio tende a elevar o pH dos rios e dependendo da concentração ele pode ter efeitos tóxicos sobre os animais aquáticos. À medida que ele desce o rio, o hidróxido tende a ser neutralizado por outras substâncias presentes na água, como dióxido de carbono e ácidos orgânicos. A Figura 12 apresenta o fluxograma de processamento do minério (POEMA, 2015).

Figura 12 – Fluxograma de processamento de minério



Fonte: CREA/ MG (2014)

Apesar do fato de que os produtos químicos adicionados durante o beneficiamento do minério e no tratamento do rejeito, aparentemente, ofereçam poucos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, o mesmo não pode ser dito em relação aos metais presentes no rejeito gerado pela Empresa Samarco. De acordo com Milanez (2016, p. 59) “No geral, reservas minerais possuem diferentes minérios, além daqueles extraídos. Entre os minerais metálicos existe um grupo, comumente chamado de metais pesados, que desperta especial preocupação em relação aos seus efeitos sobre os seres vivos, muitos desses metais são biocumulativos, além de serem potencialmente cancerígenos ou influenciarem negativamente o sistema nervoso humano”.

Ao varrer as encostas, segundo o IBAMA (2016), foi devastado cerca de 380 hectares de floresta ciliar, isso em parte do Rio Gualaxo do Norte, em direção ao Rio do Carmo. O valor sobe para 1.000 hectares em toda a extensão do Rio do Doce, caracterizando 125 ha pertencentes ao bioma Mata Atlântica e incluindo Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Em relação aos animais, aconteceu a dizimação de anfíbios, mamíferos e animais de pequeno porte, além da mortandade de milhares de peixes, sendo algumas espécies endêmicas do rio Doce. Outros danos às populações

aquáticas foram a fragmentação e destruição de habitats, soterramento das lagoas e nascentes, alteração do fluxo hídrico, destruição de áreas utilizadas como “berçários” pelas espécies aquáticas, extinção de espécies, e conseqüentemente, abalo na cadeia alimentar (IBAMA, 2016).

No âmbito social, não menos importante, os impactos são expressivos. Além das alterações das atividades rotineiras dos atingidos, como o convívio laboral, familiar, social e práticas de lazer, houve o abalo e a perda da identidade e pertencimento social. Muitas pessoas sofreram perdas irreparáveis, como, por exemplo, a morte de familiares (IBAMA, 2016).

Entre os danos expostos ainda pode-se citar prejuízos financeiros, como os prejuízos locais na agricultura, comércio/turismo e no lazer comunitário, aumento nos gastos domésticos e perda da autonomia financeira ou dependência da Empresa Samarco, ampliação dos conflitos entre vizinhos, amigos e familiares, desemprego, endividamento e ainda abalo emocional e males de saúde (IBAMA, 2016).

4.4.1.8. Mitigação

Após o desastre, a Empresa Samarco implantou um plano de ações emergenciais com o propósito de minimizar, monitorar e mitigar os impactos. Dentre eles foi realizado o monitoramento da qualidade da água, uma vez que a pluma de rejeito alterou os parâmetros físico-químicos, atingindo valores nunca vistos, além de programas de resgate de ictiofauna, ou seja, das espécies de peixes existentes somente naquela região, com o intuito de prevenir a perda de biodiversidade. Em relação às encostas que tiveram sua vegetação soterrada, ocorreu um processo de revegetação emergencial com o objetivo de restauração das áreas. A título de exemplificação, uma das práticas foi a aplicação de geossintético⁵ nas encostas e em seguida o plantio de gramíneas (SAMARCO, 2018).

4.4.1.9. Uma opção às barragens

⁵ **Geossintéticos** são produtos industrializados onde pelo menos um de seus componentes é fabricado com polímeros sintéticos ou naturais e que servem para solucionar problemas na área de geotecnia.

Nos últimos anos ocorreu um aumento na geração de resíduos sólidos pelas indústrias de siderurgia e mineradora, resultante de intensa exploração, motivada pelas altas dos preços, e decorrente de técnicas de beneficiamento ineficientes, que perdem considerável porcentagem de matéria prima no processo e gera elevada quantidade de rejeito. A disposição utilizada são as barragens, no entanto, estas consomem grandes áreas para formação do reservatório, causam impactos diretos e indiretos nos biomas, apresentam elevado custo de manutenção e monitoramento. Após o desastre ocorrido em novembro de 2015, a insegurança de toda a comunidade levantou o questionamento sobre a reciclagem desse resíduo, frente a todos os danos e transtornos causados pelo rompimento (PORTES, 2013).

Segundo a Empresa Samarco, há dez anos em parceria com outras empresas e universidades, vem desenvolvendo formas alternativas para aproveitar o rejeito do minério de ferro. As aplicações são variadas: ladrilhos hidráulicos, blocos pré-moldados, artefatos cerâmicos, sais férricos, entre outros. Esse reaproveitamento é possível porque o rejeito é constituído por minério de ferro, areia e água, ou seja, não é tóxico, corrosivo ou inflamável.

Nos anos de 2013 e 2014 foram produzidos blocos intertravados com 30% de rejeito arenoso, e utilizados para calçamento do bairro Porto Grande, em Guarapari - ES, e nas unidades da própria indústria. Os mesmos blocos foram utilizados em praças e avenidas da cidade de Barra Longa, atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão. O que difere dos blocos utilizados em Guarapari é que estes foram produzidos com os sedimentos proveniente do rompimento, por pequenos fabricantes de Santa Cruz do Escalvado e Ponte Nova - MG (SAMARCO, 2018).

Em 2017 a Empresa Samarco firmou uma parceria com a BeGreen, uma fazenda urbana, a primeira da América Latina, localizada em Belo Horizonte, com a produção voltada para hortaliças sem agrotóxicos em consórcio com a criação de peixes. O projeto de construção da fazenda buscou opções sustentáveis, assim utilizou blocos intertravados produzidos com o rejeito arenoso da Samarco, sendo a Uni-Stein responsável pela produção. Para a confecção dos decks, mesas e cadeiras, utilizou-se madeiras plásticas, que têm como matéria prima a lama.

Segundo experimentos realizados por Fontes (2016), a produção de argamassas pode ser feita com a junção de rejeito de barragem de minério de ferro - RBMF, areia natural, cal hidratada e cimento, respeitando a proporção de 1:3 entre os elementos e analisando o comportamento de cada um dos itens em relação ao rejeito. O autor observou que o comportamento mecânico da argamassa composta por rejeitos foi superior em relação às argamassas produzidas com agregados naturais. Isso se deve a característica do rejeito, que preenche os vazios da matriz, tornando-a mais íntegra e homogênea. No quesito trabalhabilidade são equivalentes. Conclui-se que é possível utilizar o rejeito de minério de ferro como matéria-prima para a produção de argamassa.

O mesmo procedimento foi repetido para produzir concretos, utilizando os elementos RBMR, areia natural, brita e cimento, visando comparar os dados obtidos utilizando agregados do rejeito e agregados naturais. Os resultados mostraram que a adição de rejeito de mineração apresenta melhor desempenho que a substituição desse rejeito pelo agregado natural. Os testes de tração não demonstraram diferença significativa, enquanto as resistências mecânicas são melhores no concreto oriundo do rejeito (FONTES, 2016).

Por fim, avaliou-se a utilização do rejeito de minério de ferro para a produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural, a partir do rejeito, areia, brita, cimento e aditivo, com o objetivo de redução da água de amassamento do concreto. Os blocos produzidos com RBMF apresentaram-se estáveis em relação à variação dimensional, além de atender aos requisitos mecânicos, ou seja, viabilizando a aplicação do resíduo em substituição ao agregado natural (FONTES, 2016).

4.4.1.10. Penalidades e multas

Segundo o IBAMA (2016) foram aplicados 24 autos de infração à Mineradora Samarco por motivos relacionados ao rompimento da barragem de Fundão. A empresa recorreu a todos os processos, sendo que 22 deles ainda estão na primeira instância administrativa do IBAMA e o restante na segunda instância, mas, se perder, a mineradora pode recorrer à Justiça. Abordando as penalidades frente ao valor monetário, a mesma totaliza 344,85 milhões de

reais. A última multa foi aplicada em fevereiro de 2017, pelo fato de a Empresa Samarco não atender as exigências legais após ser notificada pelas autoridades, com vencimento para março do mesmo ano.

Segundo Bedinelli (2017) foram aplicadas 38 multas à Samarco, totalizando 205,86 milhões de reais, estando em fase de recurso 37 delas. A primeira penalidade aplicada, logo após o rompimento, de valor de 112,7 milhões, começou a ser paga, no entanto o valor atualizado é de 127,6 milhões. A mineradora parcelou a dívida em 60 parcelas, pagando a primeira no valor de 6,38 milhões, único valor pago até o momento. O restante das parcelas gira em torno de 2 milhões. Cabe ressaltar que o lucro líquido de uma das proprietárias da Samarco, a Vale S/A, no primeiro trimestre de 2017 foi de 7,89 bilhões de reais, isso para efeito de comparação entre os valores.

O Governo do Espírito Santo também aplicou seis multas, que somam 1,25 milhão de reais, estando todas em fase de recurso, ou seja, nenhuma foi paga. No entanto, foi realizado um acordo para a implantação de programas que visam diminuir os danos provocados (BEDINELLI, 2017).

A Mineradora Samarco declara que recorre das multas porque acredita ter aspectos técnicos e jurídicos que precisam ser reavaliados. Declara que no ano de 2016 aplicou dois bilhões de reais em ações de reparação e compensação, assumidas por meio do Termo de Transação de Ajustamento de Conduta - TTAC, firmado entre os governos Federal, de Minas Gerais e do Espírito Santo (BEDINELLI, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou abordar o rompimento da Barragem de Fundão, local destinado para os resíduos sólidos provenientes do processamento do minério de ferro da empresa Samarco, no município de Mariana /MG, evidenciando os resíduos sólidos e rejeitos decorrentes do beneficiamento e do desastre causado pela “onda de lama”.

A pesquisa evidencia que a maior tragédia socioambiental da história do Brasil começou a ser desenhada muito antes do dia 05 de novembro de 2015. É possível inferir que o desastre ocorreu por força de uma legislação

ultrapassada e de uma gestão comprometedora e mercenária, aliada à uma fiscalização deficitária e ao absoluto descaso da Empresa Samarco com o meio ambiente e vidas humanas.

O rompimento da Barragem de Fundão gerou uma onda de lama residual tão devastadora que durante o seu caminho até o mar do Espírito Santo destruiu o distrito de Bento Rodrigues, ceifou vidas humanas, soterrou centenas de nascentes, contaminou importantes rios como o Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce, destruiu florestas inteiras que estavam situadas em Áreas de Preservação Permanente e causou prejuízos sociais e econômicos de grande amplitude a populações inteiras.

Nesse contexto, tem se a ideia de que os resíduos sólidos provenientes de desastre devem ser caracterizados, bem como apresentar um plano de gestão e destinação adequada, dentro do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, obrigatório a todo município, conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. No entanto, a abordagem desse tipo específico de resíduo não acontece, prevalecendo medidas para conter crises e não medidas preventivas, com base em mudanças na legislação e na forma das concessões de licenças, aliadas a uma fiscalização efetiva por parte dos órgãos governamentais competentes.

De modo geral os resíduos podem ser reaproveitados. Estudos mostram que o rejeito da mineração pode ser utilizado na produção de blocos de concretos, argamassa, ladrilhos e artefatos cerâmicos, pois os fatores estruturais não são alterados com adição do rejeito. Uma alternativa para os resíduos da construção civil é utilizá-los na reconstrução do local. Como os resíduos híbridos não podem ser reciclados e são de imenso valor afetivo, uma opção é utiliza-los na construção de um memorial as vítimas do rompimento da Barragem de Fundão, em 2015.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, L.Q.; Pascoalino, A.; **Gestão de Risco, Desenvolvimento e (Meio) Ambiente no Brasil** - Um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina. Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho” - Unesp. Rio Claro - SP. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTADORES DE RECURSOS. **O que é captação de recursos?** 2016. Disponível em: <<https://captadores.org.br/captacao-de-recursos/>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

ÁVILA, J. P. D.; SAWAYA, M. **As Barragens de Rejeitos no Brasil: sua evolução nos últimos anos.** In: DE, M. F. M. e PIASENTIN, C. (Ed.). A história das barragens no Brasil, séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2011. p.369-395.

BARBA, M. D. **Mesmo sem ser tóxica, lama de barragem em Mariana deve prejudicar ecossistema por anos.** In: BBC Brasil. 2015. Disponível em: http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/11/151107_barragem_mariana_mdb_fd. Acesso em: 13 de dez. 2015.

BEDINELLI; TALITA. **Samarco pagou só 1% do valor de multas ambientais por tragédia de Mariana.** EL PAÍS. São Paulo, 9 AGO 2017. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2017/08/08/politica/1502229456_738687.html>. Acesso em 26 jun. 2018.

BRASIL. Governo do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Acordos Globais.** 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2012/01/acordos-globais>>. Acesso em: 23 maio 2018.

BRASIL, **Decreto-Lei nº 852. Código de Águas.** In: Presidência da República CasaCivil Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1934.

_____. **Decreto nº 23.793. Código Florestal.** In: Presidência da República CasaCivil Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1934

_____. **Decreto-Lei nº 794. Código de Pesca.** In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1938.

_____. **Lei nº 5.894. Código de caça.** In: Presidência da República Casa CivilSubchefia para Assuntos Jurídicos, 1943.

_____. **Decreto-Lei nº 1.985. Código de Minas.** In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1940.

_____. **Lei 4.504. Estatuto da Terra. Código de Minas.** In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1964.

_____. **Lei 4.771. Código Florestal.** In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1965.

_____. **Lei 5.197. Proteção à Fauna.** In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1967.

_____. **Lei 221.** Código de Pesca ou Decreto-lei. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1967.

_____. **Lei 227.** Código de Mineração ou Decreto-lei. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1967.

_____. **Lei [6.453](#).** de Responsabilidade por Danos Nucleares. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1977.

_____. **Lei [6.803](#).** Zoneamento Industrial nas Áreas Críticas de Poluição. In: Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1980.

_____. **Lei 6.938.** Política Nacional do Meio Ambiente. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1981.

_____. **Lei [7.802](#).** Agrotóxicos. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1989.

_____. **Lei 7347.** Ação Civil Pública. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1985.

_____. **Lei 8876.** Autoriza o poder executivo a instituir como autarquia o departamento nacional de produção mineral - DNPM, e dá outras providências. In: Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1994.

_____. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** In: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Minas Gerais, 2015. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf. Acesso em: 07 de dez. 2015.

_____. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. In: Diário Oficial da União. Brasília, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 15 dez. 2015.

_____. **Lei 9314.** Altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1996.

_____. **Lei 12.305.** Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2010.

_____. Lei 9.605. **Crimes Ambientais**. In: Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1998.

_____. **Resolução 237**. In: O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 1997.

BROWN, C.; MILKE, M. **Planning for disaster debris management**. 2009.

CAMPOS, R. Estudos de História moderna e contemporânea. Atual Editora. São Paulo. 1988.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **GLOSSÁRIO DE DEFESA CIVIL ESTUDOS DE RISCOS E MEDICINA DE DESASTRES**. 1998. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CHAVES, A. P.. **Bombeamento de Polpa e Classificação** (4 ed.). São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

COELHO, Pedro. **Desastre da Baía de Minamata**. 2014. Disponível em: <<https://www.engquimicasantosp.com.br/2014/04/desastre-da-baia-de-minamata.html>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

COUTO, Joaquim Miguel. **Entre estatais e transnacionais: o polo industrial de Cubatão**. 2003. 249 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/285867>>. Acesso em: 3 ago. 2018.

FARIA, M. **Barragens de Rejeito já Causaram Diversas Tragédias em Minas Gerais**. 2015. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/05/interna_gerais,705019/barragens-de-rejeito-ja-causaram-diversas-tragedias-em-minas-gerais-r.shtml>. Acesso em 22 ago. 2018.

FARIAS, Talden Queiroz. Evolução histórica da legislação ambiental. In: *Âmbito jurídico*, 2012. Acesso: http://www.ambitoJuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=3845. Acesso em 22.04.2018.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiza Roessler. **Manual de Análise de Riscos Industriais**. Porto Alegre - RS. 2001. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arq/manual_risco.pdf. Acesso em: 25 de outubro de 2016.

FERREIRA, G.S, BARTHOLO, R. **Responsabilidade social empresarial**. Brasília: SESI/DN, 2005.

FONTES, W. C. **Utilização do rejeito de barragem de minério de ferro como agregado reciclado para argamassas de revestimento e assentamento**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

Força-tarefa, **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG**. (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana-Governo de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016).

FREITAS: T. Z. et al. **Quem resiste a lama?**. UFOP. INTERCOM. MARIANA, MG. 2016

GIAIA. **Grupo Independente para Avaliação do Impacto Ambiental**. (Samarco/Rio Doce). Relatório Parcial Expedição Rio Doce. 2006.

GUERRA, Jaqueline de Souza. **Gestão de resíduos da construção civil em obras de edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco. Recife, 2009. 105 f.

IBAMA, **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/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf. Acesso em: 03/04/2018.

IBAMA. **Rompimento da Barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG**. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/recuperacao-ambiental/rompimento-da-barragem-de-fundao-desastre-da-samarco/documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg>>. Acesso em: 28 jul. 2018.

KOKAY: Erika. As possíveis causas dos desastres em Minas Gerais. Brasil.6 nov. 2015. Disponível em : <<https://www.dw.com/pt-br/as-poss%C3%ADveis-causas-do-desastre-em-minas-gerais/a-18833489>>. Acesso. 15 de julho. 2018.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de Minérios**. 4. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2004.

MANENTI: C. **Do Lucro À Lama**. GREENPEACE. DEZ. 2015. Disponível em: <<http://revistagreenpeace.org/edicao/4/mariana/>>. Acessado : 25 de julho 2018.

MARUM, Jorge Alberto Oliveira de. **Meio ambiente e direitos humanos**. Revista de Direito Ambiental, São Paulo, v. 7, n.28, p. 116-137, out./dez. 2002.

MILANEZ : BRUNO. et. al **ANTES FOSSE MAIS LEVE A CARGA: Reflexão Sobre o Desastre da SAMARCO/ VALE/ BHP BILLITON.: A QUESTÃO MINERAL NO BRASIL**, Vol 2. MARABÁ .IGuana. 2016

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente**: doutrina. Jurisprudência. Glossário. São Paulo: RT, 2004.

Monitoramento da Influência da Pluma do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana/MG – Novembro de 2015: Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados. Departamento de Oceanografia . UFES. Vitoria. 2017.

MORATO LEITE, José Rubens. **Dano Ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial**. 2ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2003.

NEDER, Ricardo Toledo. **Crise socioambiental: Estado e sociedade civil no Brasil (1982-1998)**. São Paulo: Annablume-Fapesp, 2002, p. 25

O DESASTRE ECOLÓGICO DO SUPERPETROLEIRO EXXON VALDEZ, NO ALASCA, EM 1989: Num dos maiores acidentes ambientais da História, vazamento de 36 mil toneladas de petróleo poluiu 1.800Km de praias, matando animais e provocando comoção mundial. São Paulo, 12 set. 13. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/o-desastre-ecologico-do-superpetroleiro-exxon-valdez-no-alasca-em-1989-9938120>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

PASSOS, Priscilla Nogueira Calmon de. A CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO COMO PONTO DE PARTIDA PARA A PROTEÇÃO INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Direito Fundamentais & Democracia**, Unibrasil - Faculdades Integradas do Brasil - Curitiba/PR, v. 6, p.1-25, 2009.

PoEMAS. **Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG)**. Mimeo. 2015.

Prefeitura Municipal Mariana. **Conheça um pouco da História de Mariana: A primeira cidade de Minas: Ouro, fé, arte e pioneirismo marcam os três séculos da histórica Mariana**. Disponível em: <<http://www.mariana.mg.gov.br/historico>>. Acesso em: 22 de jun. 2018.

_____. **Programa Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos-PMGIRS**. Mariana, MG. 2007.

PORTES, A. M. C. **Avaliação da disposição de rejeitos de minério de ferro nas consistências polpa e torta. 2013.** 180f. Tese (Mestrado em Geotecnia e Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2013.

SAMARCO. . **Relatório da Administração 2013.** Belo Horizonte, 2014b. 126p.

_____. **Comunicado 92. Acordo com o Ministério Público do Trabalho ES e MG.** Belo Horizonte: Samarco Mineração 2015a.

_____. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2014.** Belo Horizonte, 2015b. 81p.

_____. **Relatório da Administração e Demonstrações Financeiras 2014.** Belo Horizonte, 2015c. 93p.

_____. **A Samarco.** Belo Horizonte: Samarco Mineração. Disponível em: <<https://www.samarco.com/a-samarco/>>. Acesso em 24 de Ago. 2018.

_____. **Barragens.** Belo Horizonte: Samarco Mineração. Disponível em: <<https://www.samarco.com/barragens/>>. Acesso em 24 de Ago. 2018.

_____. **RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – RIMA- EIA INTEGRADO DO COMPLEXO GERMANO. AMPLO.2017.**

_____. **APROVEITAMENTO DE REJEITOS.** Disponível em: <<https://www.samarco.com/barragens/>>. Acesso em 23 de Ago. 2018.

SANTOS: CLAUDIOMIR. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.RESÍDUOS SÓLIDOS- CLASSIFICAÇÃO- NBR- 10004.

SASSINE, V. **Laudo aponta que rio Doce estará sujeito a condições imprevisíveis.** Jornal O Globo. 2015. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/brasil/laudo-aponta-que-rio-doce-estara-sujeito-danosimprevisiveis-18378346>. Acesso em: 29 de dez. 2015

SILVA, I.S. **Desastres Naturais no Brasil: Ações Adotadas pelo Governo Federal após 2011.** Artigo Científico para obtenção do Grau de Especialista. Curso de Especialização em Análise Ambiental. Paraná: UFPR/DAA, 2015

SUPRAM-CM. **Parecer Único SUPRAM-CM Nº 137/2009. Processo Nº 00015/1984/069/2009. SUPRAM-ZM.** Belo Horizonte: SUPRAM. Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável: 2009. 9 p. SUPRAM-ZM. **Parecer Único SUPRAM-ZM. Processo Nº 00015/1984/066/2008.**

SUPRAM-ZM. Juiz de Fora: SUPRAM. **Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2008.**

UNISDR. **United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Working Background Text on Terminology for Disaster Risk Reduction.** UNISDR. 2015.

XAVIER, Allan Moreira et al. MARCOS DA HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE E TENDÊNCIAS ATUAIS. **Quim. Nova**, Campinas, v. 30, p.83-91, 30 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v30n1/18.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2018.

ZULINI, J.P. Modos do bom governo na Primeira República brasileira: o papel do parlamento no regime de 1889-1930. 2016. 308 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

WOLFF: ANA PAULA. Caracterização de Rejeitos de Minério de Ferro de Minas da Vale. Ouro Preto. 2009.