



Universidade Federal  
de São João del-Rei

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

MARCOS LUCIANO RIOS

**A VALORAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA  
AFETADOS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO  
NOS DISTRITOS DE BENTO RODRIGUES E PARACATU DE  
BAIXO, MARIANA – MG**

**SÃO JOÃO DEL-REI  
MINAS GERAIS - BRASIL  
MARÇO DE 2020**



Universidade Federal  
de São João del-Rei

MARCOS LUCIANO RIOS

**A VALORAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA  
AFETADOS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO  
NOS DISTRITOS DE BENTO RODRIGUES E PARACATU DE  
BAIXO, MARIANA – MG**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de São João del-Rei, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de “Magister Scientiae” (MS).

Área de Concentração: Análise ambiental e territorial.

Linha de pesquisa: Dinâmica das Paisagens Tropicais

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Cristian Rocha

SÃO JOÃO DEL-REI

2020



Universidade Federal  
de São João del-Rei

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**A VALORAÇÃO DOS USOS E COBERTURAS DA TERRA AFETADOS PELO  
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO NOS DISTRITOS DE BENTO  
RÓDRIGUES E PARACATU DE BAIXO, MARIANA - MG**

Autor: Marcos Luciano Rios

Orientador: Leonardo Cristian Rocha

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta dissertação:

---

**Prof. Dr. Leonardo Cristian Rocha – Orientador**

Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ

---

**Prof. Dr. Fálvio Soares de Oliveira**

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

---

**Prof. Dr. Gabriel Pereira**

Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ

---

**Profa. Dra. Francielle da Silva Cardozo**

Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ

São João del-Rei

Dezembro de 2019



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida.

Agradeço a meu pai Cid da Silva Rios (*in memoriam*) e a minha mãe Marilene Soares Rios (*in memoriam*) pelos ensinamentos que me deram ao longo da minha vida. Saudades eternas.

Agradeço a minha filha Sophia, que sempre vem com aquele sorriso e beijo doce que me faz animar e continuar.

Agradeço ao professor Leonardo pela orientação durante essa caminhada.

Agradeço a Raquel pelo apoio na formatação desse trabalho.

## RESUMO

O Brasil viveu em novembro de 2015 o maior desastre ambiental de sua história, o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão pertencente à empresa Samarco. Este trabalho busca mapear e quantificar os usos e coberturas da terra e relacionar proxy os aspectos socioeconômicos oriundos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana – Minas Gerais. Consiste numa análise crítica, sustentada no levantamento dos bens e serviços ambientais (BSA) afetados, também chamados de bens e serviços ecossistêmicos (BSE), passíveis de monetização. Fundamentado em uma revisão bibliográfica e amparada pela interdisciplinaridade de disciplinas, o estudo abordará os principais métodos de valoração de recursos ambientais de forma a subsidiar a quantificação estimada. A área de estudo pretendida será os subdistritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, pertencentes à Mariana que foram devastados pela lama de rejeitos em novembro de 2015. Nos dois distritos cerca 300 famílias perderam, além dos bens materiais, sua identidade, as histórias de vida e de convívio social. As histórias, o patrimônio arquitetônico e cultural foi-se com a lama de rejeitos. Num primeiro momento, fundamentado nos trabalhos e relatórios dos órgãos oficiais, nota-se que os efeitos do rompimento da barragem sobre o ambiente ainda não foram consolidados, pois se trata de fato recente, necessita da conjugação de esforços, do trabalho multidisciplinar de órgãos da sociedade civil e de governo para uma melhor definição desses efeitos. Os mapas de usos apresentados retratam a devastação oriunda do rompimento e os valores monetários calculados a *Proxy* retratam os valores mínimos para ressarcimento e recuperação das áreas de estudo.

**Palavras-Chave:** Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Samarco, Barragem de Fundão.

## ABSTRACT

In November 2015, Brazil experienced the greatest environmental disaster in its history, the rupture of the Fundão tailings dam belonging to the company Samarco. This work seeks to map and quantify land uses and coverages and to proxy the socioeconomic aspects arising from the disruption of the Fundão dam in Mariana - Minas Gerais. It consists of a critical analysis, based on the survey of the affected environmental goods and services (BSA), also called ecosystem goods and services (BSE), subject to monetization. Based on a bibliographic review and supported by the interdisciplinarity of disciplines, the study will address the main methods of valuing environmental resources in order to subsidize the estimated quantification. The intended area of study will be the sub-districts of Bento Rodrigues and Paracatu de Baixo, belonging to Mariana who were devastated by the tailings mud in November 2015. In both districts, about 300 families lost, in addition to material goods, their identity, the stories of life and social life. The stories, the architectural and cultural heritage is gone with the mud of tailings. At first, based on the work and reports of the official bodies, it is noted that the effects of the rupture of the dam on the environment have not yet been consolidated, since it is a recent fact, it requires the combination of efforts, the multidisciplinary work of organs of the civil society and government to better define these effects. The usage maps presented depict the devastation resulting from the disruption and the monetary values calculated by Proxy depict the minimum values for reimbursement and recovery of the study areas.

**Keywords:** Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Samarco, Fundão Dam.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1: TRAJETÓRIA DOS REJEITOS ORIUNDOS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO – MARIANA/MG. ....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 2.RELAÇÃO OFERTA E DEMANDA.....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 3.VALOR ECONÔMICO DOS RECURSOS AMBIENTAISERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.4</b>	
<b>FIGURA 4.MÉTODO DE ALTEAMENTOS EM BARRAGENSERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3</b>	
<b>FIGURA 5.LOCALIZAÇÃO BARRAGEM DO FUNDÃO– MARIANAERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3</b>	
<b>FIGURA 6. DISTRITO DE PARACATU DE BAIXO – ANTES E APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURA 7. : FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO MAPEAMENTO.....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 8.IMAGEM RESIDÊNCIA DISTRITO PARACATU DE BAIXO.....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 9. IMAGEM ESCOLA DISTRITO PARACATU DE BAIXO.ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3</b>	
<b>FIGURA 10.CAPELA SANTO ANTÔNIO – DISTRITO PARACATU DE BAIXO.ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.6</b>	
<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.6</b>	
<b>Figura 12.1.ÁREA AFETADA PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO (A).....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 12.2.ÁREA AFETADA PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO (B).....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURA 12.3. ÁREA AFETADA PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO (C).ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.1</b>	



**FIGURA 12.4.ÁREA AFETADA PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO  
FUNDÃO**

**(D).....ERRO!**

**INDICADOR NÃO DEFINIDO.2**

**FIGURA 12.5. ÁREA AFETADA PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO  
FUNDÃO (E)ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3**

## LISTA DE TABELAS

Pág.

**TABELA 1 - ROMPIMENTO DE BARRAGENS EM MINAS GERAIS 2001-2015.ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.21**

**TABELA 2. FUNÇÕES, BENS E SERVIÇOS DE ECOSISTEMAS NATURAIS E SEMINATURAIS.ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.6**

**TABELA 3. ARRECADAÇÃO CFEM-MARIANA 2015 – 2019ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

**TABELA 4. ARRECADAÇÃO CFEM-MARIANA 2014 – 2019ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.8**

**TABELA 5. IDENTIFICAÇÃO VÍTIMAS DO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃOERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

**TABELA 6. VALOR SALÁRIO MÍNIMOERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

**TABELA 7. ESTIMATIVAS DE CUSTOS TOTAIS DE EDIFICAÇÕES PARACATU DE BAIXOERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.4**

**TABELA 8. ESTIMATIVAS DE CUSTOS TOTAIS DE INFRAESTRUTURA EM PARACATU DE BAIXOERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.**

**TABELA 9. ESTIMATIVAS DE CUSTOS TOTAIS DE EDIFICAÇÕES BENTO RODRIGUESERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.5**

**TABELA 10. ESTIMATIVAS DE CUSTOS TOTAIS DE INFRAESTRUTURA EM BENTO RODRIGUESERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.....65**

**TABELA 11. USOS ÁREA DEGRADADAERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.....67**

**TABELA 12. VALORES DA TERRA NUAERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.....74**

**TABELA 13. PREJUÍZOS ECONÔMICOS PRIVADOS MESNURADOS PELA SEDRU/MG ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.....75**

#### **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BSA:** Bens e Serviços Ambientais

**BSE:** Bens e Serviços Ecológicos

**CEFEM:** Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais

**CONAMA:** Conselho Nacional do Meio Ambiente

**FEAM:** Fundação Estadual do Meio Ambiente

**FPM:** Fundo de Participação dos Municípios

**IBAMA:** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ICMS:** Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

**ISSQN:** Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza

**SNUC:** Sistema Nacional de Unidades de Conservação

**TTAC:** Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta

**UCT:** Uso e Cobertura da Terra

**VERA:** Valoração Econômica dos Recursos Ambientais

## LISTA DE SÍMBOLOS

**Ha:** Hectare

**Km<sup>2</sup>:** Quilômetro quadrado

## SUMÁRIO

Pág.

14

18

18

19

256

26

278

278

28

29

32

**49**

49

5354

**57**

5758

5758

57

57

**59**

**76**

**78**

## 1 INTRODUÇÃO

As relações de mercado ao longo do tempo no contexto da articulação global sofrem constantes mudanças. Segundo Brum (1998), liberalismo e capitalismo são concepções e realidades que se integram e se confundem num mesmo processo de construção histórica. Têm a mesma gênese e expressam realidades que se interpenetram. Segundo Campos (2000) o desenvolvimento econômico global tem exercido uma pressão sobre os sistemas naturais, com efeitos diversos sobre a qualidade do ambiente, levando-o à exaustão ou degradação.

As alterações físicas e biológicas ao longo do tempo modificam a paisagem e comprometem os ecossistemas. Segundo Fernandez (2004) as alterações ambientais ocorrem por inúmeras causas, muitas denominadas naturais e outras oriundas de intervenções antropológicas, consideradas não naturais. Os desafios em relação aos problemas ambientais ultrapassam os limites sistêmicos e as fronteiras das nações, buscando o redirecionamento das perspectivas econômicas. Esta preocupação tem figurado no bojo do relacionamento, integração e cooperação entre países, sendo que muitos projetos e a carência de administração de recursos têm trazido implicações concretas diante da extração de recursos naturais, dos limites da natureza e das rápidas mudanças que esta vem apresentando na história recente (Agenda 21, 1992: Nosso Futuro Comum, 1987).

As relações de produção na conjuntura econômica globalizada levam em consideração vários fatores inibidores e estimulantes no processo produtivo, buscando a maximização dos recursos e um maior grau de eficiência. Dentre esses fatores destaca-se a proteção do meio ambiente, que ganhou importância na década de 1970, quando nos países desenvolvidos aflorou a percepção de que o bem-estar social, fruto do desenvolvimento econômico, estava diretamente relacionado a impactos não desejados sobre os vários ecossistemas.

Segundo Campos (2000), as alternativas de exploração dos recursos naturais advindas da revolução industrial alimentaram a perspectiva do lucro

imediatamente, negligenciando a possibilidade de esgotar o estoque de “capital natural”. A integração financeira e comercial, após a segunda guerra mundial, acelerou o dinamismo econômico das nações, ampliando as expectativas de superação do atraso econômico dos países do “terceiro mundo”, nos moldes das teorias desenvolvimentistas das sociedades ocidentais. Neste contexto, o crescimento se tornou condição necessária e suficiente para o desenvolvimento econômico, visto como uma decorrência natural do avanço tecnológico, capaz de garantir o bem-estar social.

Mediar a relação entre desenvolvimento econômico e a preservação dos recursos naturais não é tarefa fácil no cenário globalizado e de intensas modificações. As economias com as maiores reservas de recursos, são as que mais precisam incrementar seus processos de desenvolvimento implicando a utilização de recursos naturais.

O Brasil não fica fora desse cenário. Temos as maiores reservas de recursos naturais do mundo, diversidade de fauna e flora, recursos minerais. Esse processo de definição de políticas de crescimento econômico precisa aliar desenvolvimento e preservação dos recursos.

A atividade de mineração, importante para a promoção do crescimento econômico e do bem-estar social, tem sido responsável pela modificação de grandes extensões da paisagem do território nacional. Em geral, essa atividade envolve a movimentação de grande quantidade de terra, deixando o solo exposto e desestabilizado, sujeito à erosão acelerada, o que provoca várias alterações ambientais nos ecossistemas (ARRUDA, 1985).

Os ecossistemas estão ameaçados devido aos impactos do desenvolvimento desenfreado. Entende-se por ecossistema o conjunto formado por todos os fatores bióticos (vivos) e abióticos (não-vivos) que atuam simultaneamente sobre determinada área (CAMPOS, 2000). Estes, derivam-se das complexas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos e não-vivos, variam em tamanho e nos elementos que os compõem, mas cada um é uma unidade de função da natureza. Tudo o que vive num ecossistema é dependente de outras espécies e elementos que também são parte da comunidade



ecológica. Se uma parte do ecossistema é danificada ou desaparece, isso impacta em todas as outras ali presentes.

Enquanto os recursos bióticos (renováveis) são os indivíduos e comunidades de plantas e animais, que se constituem em fonte de matéria-prima para a produção, os abióticos representam os recursos minerais, combustíveis fósseis, terra e energia solar (não renováveis).

A mineração compreende um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratar ou beneficiar e transformar recursos minerais de forma a torná-los benéficos econômicos e sociais (IBRAM, 2016).

Tal atividade tem forte impacto na economia brasileira, representando de 3% a 5% do PIB (Produto Interno Bruto) e representa 7,5% do produto interno bruto do estado de Minas Gerais (IBGE, 2013).

Com o desenvolvimento científico e tecnológico para o setor e a demanda de recursos minerais sempre crescentes para responder as exigências da sociedade moderna industrial em expansão, a indústria de mineração e a dinâmica econômica, além de extrair recursos da reserva da natureza física progressivamente, proporciona agressões aos limites globais dos ecossistemas. Espécies de natureza viva são reprimidas e por fim eliminadas, reduzindo, portanto a multiplicidade natural. (Altvater, 1995:30).

Os efeitos ao meio físico ou sobre a fisiografia da região minerada são visíveis e detectados no curto prazo e afetam de maneira drástica e por vezes os danos são irreversíveis. Dentre os principais efeitos, podemos citar a reformulação das paisagens, seja por meio dos aterros de depressão, desaparecimento dos morros, assoreamento, desflorestamento, remoção, decapagem e aterro do solo. Além disso, também causam danos aos recursos hídricos, a qualidade do ar e ao clima da região.

Segundo levantamento realizado pela FEAM em 2014, Minas Gerais tem um total de 450 barragens de rejeitos de minério. Tal fato torna o estado vulnerável a rompimentos como o ocorrido em Mariana em novembro de 2015, onde a barragem de Fundão se rompeu, provocando mortes, desabastecimento

de água, interrupção da atividade pesqueira e danos incalculáveis a biodiversidade da região até a foz do Rio Doce no oceano Atlântico.

Para além de tais impactos, questões sociais como perda de identidade sociocultural, profissional e de relações de vizinhança com a perda dos imóveis e propriedades rurais tornaram ainda mais grave à situação.

## **2 OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo mapear os usos e ocupações da terra quantificando minimamente a degradação provocada pelo rompimento da barragem de fundão nos distritos de Bento Rodrigues e de Paracatu de Baixo, pertencentes à Mariana – MG.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- (a) Identificar e classificar os principais usos da terra afetados pelo rompimento da barragem de Fundão.
- (b) Instigar as diversas áreas de pesquisa a proporem e adaptarem modelos e políticas de apoio à recuperação das áreas e comunidades afetadas.
- (c) Contribuir para as discussões acerca dos modelos de exploração mineral.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho é baseado e estruturado na pesquisa analítico-empírica, cujo objetivo é compreender a realidade fundamentada na análise do rompimento da barragem de Fundão e sua ampliação. Correlacionam as variáveis que descrevem os impactos da mudança de bens e serviços ambientais em um ecossistema específico. Busca demonstrar, ainda, as características e categorias do fenômeno investigado, e o estabelecimento de relações entre seus atributos, através da análise e observação sistemática dos mesmos, amparado pelos processos metodológicos descritos por Gil (1999).

Dentre os fatores causadores dos rompimentos de barragens destacam-se os fenômenos naturais e o mau planejamento estrutural. Esses fatores classificam-se em desastre misto (quando eventos naturais causam o rompimento) e em desastre tecnológico, que se caracteriza pela ausência de força externa. O rompimento da barragem do Fundão foi classificado pelo Governo Federal como desastre tecnológico (Brasil, 2015).

A Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, estabelece em seu Art. 7º, § 1º: “Quanto à origem ou causa primária do agente causador, os desastres são classificados em: I – Naturais e II – Tecnológicos.

*§ 2º São desastres naturais aqueles causados por processos ou fenômenos naturais que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.*

*§ 3º São desastres tecnológicos aqueles originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas, que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos (BRASIL, 2012).*

De acordo com o estudo realizado pela Browker Associates, que fez análises comparativas entre outras ocorrências similares, apenas cinco

acidentes com barragens de rejeitos excederam 10 milhões de m<sup>3</sup> de lançamentos até hoje, em todo o mundo (Oliveira, 2016). Ainda segundo este mesmo autor:

Embora os números exatos permaneçam um pouco distorcidos, a diferença de magnitude em relação a catástrofes passadas torna inequivocadamente claro que o caso da Samarco é o pior registrado na história sobre essas três medidas de gravidade”, pontua Lindsay NewlandBowker, coordenadora da Bowker Associates. O estudo registra, de 1915 a 2015, um total de 129 eventos com barragens – de 269 conhecidos – e projeta em média, um acidente grave por ano no período de uma década. Todas as catástrofes na mineração são ocasionadas por erro humano e falhas ao não se seguir as melhores práticas estabelecidas, o melhor conhecimento, a melhor ciência.

Com frequência, a ação do homem como agente geológico-geomorfológico é mais intensa que processos equivalentes que acontecem de forma natural (PELOGGIA e OLIVEIRA, 2005), portanto, fenômenos que demorariam um período de tempo muito maior para se manifestarem na escala de tempo da natureza, ocorrem de forma muito mais rápida pela ação humana (PEREZ FILHO e QUARESMA, 2011).

O progresso das tecnologias de implantação de barragens de rejeitos foi sempre entremeado pelos acidentes com rupturas de barragens, os quais sempre foram catalisadores do progresso tecnológico da engenharia de barragens, pela exigência da sociedade da eliminação desses desastres. (MELLO; PIASSENTIN, 2011)

Os rompimentos de barragens em Minas Gerais são recorrentes e de 2001 a 2019 resultaram em mortes e graves danos ambientais e socioeconômicos (tabela 1).

Tabela 1 – Rompimento de Barragens em Minas Gerais 2001- 2015

LOCAL	ANO	NOME	TIPO	DANOS CAUSADOS
<b>Nova Lima</b>	2001	Barragem Macacos	de Barragem de rejeitos minerários	7 óbitos
<b>Cataguases</b>	2003	Barragem Cataguases	em Barragem de rejeitos industriais	Contaminação do Rio Paraíba do Sul, mortandade de animais e peixes e interrupção do abastecimento de água de 600.000 pessoas
<b>Mirai</b>	2007	Barragem da Rio Pomba/Cataguases	Barragem de rejeitos minerários	Mais de 4000 pessoas desabrigadas ou desalojadas
<b>Itabirito</b>	2014	Barragem Herculano	da Barragem de rejeitos minerários	3 óbitos
<b>Mariana</b>	2015	Barragem Fundão	Barragem de rejeitos minerários	19 mortos, interrupção do abastecimento de água de milhares de pessoas e poluição do Rio Doce e do mar do Espírito Santo, interrupção da atividade pesqueira e afetação ao Turismo em Regência/ES
<b>Brumadinho</b>	2019	Brumadinho	Barragem de rejeitos minerários	270 Mortos

Fonte: UOL Notícias, 2015. Adaptado pelo autor

No caso particular de Mariana, a quebra do equilíbrio ambiental provocado pelo rompimento da barragem do Fundão, administrada pela empresa Samarco, controlada pela BHP Billiton Brasil Ltda e Vale S.A, despejou mais 34 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos, segundo o laudo técnico preliminar do IBAMA, que destruíram os distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, provocando um desastre ambiental de proporções incalculáveis para a biodiversidade da região, bem como para a população em geral (IBAMA, 2015).

De Fundão até o mar, são 600 km de impacto direto na calha do Rio Doce, cujos prejuízos indiretos causados pelo rompimento têm afetado centenas de pessoas a margem do Rio Doce (**Figura1**). Além dos danos destacados acima, o assoreamento provocado pelos rejeitos minerais prejudica

a fauna e a flora aquática, além de intervenções na estética da paisagem, cujos efeitos estão associados aos valores éticos, culturais e morais das comunidades.



Figura 1 - Trajetória dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem de Fundão – Mariana MG  
Fonte: Samarco S.A. 2015

O Ministério Público Federal através da Força-tarefa instaurou processo investigativo com o objetivo de materializar e instrumentar o inquérito, que visa identificar e punir os responsáveis pelo rompimento da barragem do Fundão.

A materialidade do delito é consistente com a) a poluição e b) dado grau de poluição capaz de afetar a saúde humana, ou provocar mortandade de animais ou destruir significativamente a flora. Duas indagações foram enfrentadas pelas investigações. Primeiro, o rompimento da barragem do Fundão com o extravasamento de mais de 40 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos de lama causou poluição nas áreas a jusante da barragem? Segundo a poluição causada foi em níveis tais que provocou danos à saúde humana e/ou mortandade de animais e/ou destruição significativa da flora? (FORÇA-TAREFA MPF, 2015).

Na lei 6.938/81 encontramos a definição de poluição:

Para os fins previstos nesta lei considera-se: III) poluição, a degradação da qualidade ambiental resultantes de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população, b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, c) afetem desfavoravelmente a biota, d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Sendo assim, considerando, de um lado, o uso indiscriminado dos recursos naturais e falta de prevenção da degradação, e de outro a preocupação com o meio ambiente marcada pelas discussões centradas nas opções de uso dos recursos naturais e no ritmo que estes devem seguir (esgotamento ou preservação), o trabalho adapta uma metodologia para valoração da paisagem afetada por esse desastre ambiental, para aqueles BSA passíveis de monetização na área analisada.

Entende-se por bens e serviços ambientais, também denominados de bens e serviços ecossistêmicos, os benefícios para o bem-estar humano que derivam direta ou indiretamente das funções ecossistêmicas. Estas incluem uma infinidade de funções de suporte a vida, as quais sustentam nossa civilização. Consistem nos fluxos de matéria, energia, e informação a partir do estoque de capital natural que combina serviços de capital manufaturado e humano para produzir bem-estar humano (COSTANZA, 1997).



São exemplos a oferta de alimentos, a absorção de gás carbônico da atmosfera e o controle da erosão pelas florestas, as paisagens de beleza cênica, o ecoturismo, recreação, a biodiversidade usada em medicamentos e estudos científicos, dentre muitos outros.

A valoração ambiental busca avaliar economicamente o valor de um recurso disponível, que estaria disposto a abrir mão de maneira a obter uma melhoria de qualidade ou quantidade do recurso ambiental. Isto se dá a partir da aplicação de métodos matemáticos e estatísticos que levam em conta características qualitativas e quantitativas dos BSA em análise. Tais métodos se dividem em diretos e indiretos (função de demanda e função de oferta), os quais serão descritos adiante (MOTTA, 1997).

A utilização de instrumentos econômicos, como a valoração do meio ambiente e dos serviços ecológicos, contribui para os objetivos de proteção definidos na Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), pois atribuir valor aos serviços ambientais fortalece o caráter multifuncional de produção e conservação do meio ambiente (SÁ 2007).

De uma forma geral, os métodos de valoração ambiental são instrumentos de auxílio na determinação do valor monetário dos recursos naturais e têm como base as preferências individuais da população, como por exemplo, a disposição a pagar para garantir a oferta de BSA de qualidade, ou a disposição a receber uma indenização pelo dano causado. Em ambos os casos, o valor monetário é que expressa estas preferências, evitando que o valor dos BSA seja zero, levando ao seu esgotamento por não terem preço. Estes mecanismos são geralmente usados nos processos de licenciamento ambiental e perícia judicial.

Diante do exposto, essa pesquisa propõe a mapear e valorar minimamente os usos e coberturas da terra afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Assim, será aplicado o estudo de caso, nesta etapa incluem a revisão bibliográfica, para nivelamento sobre o estado da arte dos temas relacionados ao objeto central de análise, o levantamento de dados socioeconômicos

secundários, bem como os parâmetros relacionados aos impactos ambientais causados pelo desastre em Mariana.

### **3.1. Consolidação das questões relacionadas a valoração econômica de danos ambientais**

Com o intuito de melhor compreensão quanto à temática proposta neste estudo, este capítulo abordará um conjunto de conceitos e ideias de diferentes fontes que proporcionam uma revisão e atualização dos métodos de valoração econômica de danos ambientais para análise e discussão dos resultados.

A crescente preocupação com a escassez dos recursos naturais e com o futuro das próximas gerações fez surgir o conceito de desenvolvimento sustentável, uma solução conciliadora entre crescimento econômico e o uso sustentável dos recursos naturais (MAIA, 2004).

Uma das discussões correntes desde a Conferência sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, é justamente a mensuração do desenvolvimento sustentável. Até então, as estatísticas sobre o meio ambiente eram totalmente dissociadas da economia. Embora produzissem índices considerados úteis para organizar e apresentar dados ambientais em quantidades físicas eram incapazes de incorporar dados monetários para permitir a conexão com variáveis econômicas (MAIA, 2004).

A Organização das Nações Unidas, através do relatório Nosso Futuro Comum, publicado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento em 1987, elaborou o seguinte conceito.

Desenvolvimento sustentável é aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades.

Alguns argumentam que a valoração de ecossistemas é impossível ou mesmo imprudente, e que não é possível precificar aspectos intangíveis como a vida humana, a estética ambiental, ou benefícios ecológicos no longo prazo. Mas, de fato, nós fazemos isso todos os dias. Quando desenvolvemos regras de trânsito e normas construtivas para estradas e pontes, nós valoramos a vida humana, porque despendemos mais dinheiro na construção para salvá-los

vidas. Assim, faz sentido perguntar como as mudanças na quantidade ou qualidade de vários tipos de capital natural e dos serviços ecossistêmicos podem ter um impacto sobre o bem-estar humano. (CONSTANZA, 1997).

Encontramos na literatura uma série de métodos de valoração capazes de fazer esta conexão entre a provisão dos recursos naturais e a estimativa econômica de seus benefícios. Entretanto, ainda não há um consenso quanto à eficiência de um método em relação ao outro, mesmo porque não há como precisar o real preço de um bem ou serviço ambiental. Temos ainda um profundo desconhecimento das complexas relações da biodiversidade, da capacidade de regeneração do ambiente, e seu limite de suporte das atividades humanas, (MAIA, 2004).

### **3.2. A teoria da valoração econômica**

A teoria da valoração fundamenta-se nos pressupostos clássicos e neoclássicos da economia. A Teoria Clássica fundamenta-se no liberalismo econômico e tem em Adam Smith (1723 – 1790) seu principal membro, que acreditava que a concorrência impulsionava o mercado e como consequência fazia girar a economia. Todo contexto clássico tem seu auge com a Revolução Industrial, interpretação das inovações tecnológicas caracterizadas pela busca do equilíbrio do mercado (oferta x demanda) no ajuste de preços e preconizava a não intervenção do Estado na economia.

A partir de 1870, com o advento da Teoria Neoclássica há uma modificação nos métodos de estudos econômicos, buscando-se a racionalização e otimização dos recursos escassos.

Com o surgimento da Teoria do Valor (teoria subjetiva do valor), ou seja, o valor do bem é determinado pela quantidade e utilidade do mesmo. Sua principal preocupação era o funcionamento do mercado e como chegar ao pleno emprego dos fatores de produção baseado no pensamento liberal.

A necessidade da conservação ambiental, da exploração dos recursos escassos e de uma política de desenvolvimento sustentável, faz com que alguns

economistas procurem desenvolver conceitos, métodos e técnicas com o objetivo de calcular os valores econômicos do ambiente.

A valoração econômica dos recursos ambientais ganhou papel preponderante nos cenários de planejamento e gestão de atividades cujo cenário principal seja o meio ambiente, não só para regular as atividades, mas também como instrumento de prevenção, compensação e reparação dos impactos ambientais.

A literatura econômica convencional sugere que o valor de um bem ou serviço ambiental pode ser mensurado por meio da preferência individual pela preservação, conservação ou utilização desse bem ou serviço (BATEMAN; TURNER, 1992). Considerando seu gosto e preferências, cada indivíduo terá um conjunto de preferências que será usado na valoração de todo e qualquer bem ou serviço, incluindo os ambientais. No caso específico desses últimos, economistas iniciam o processo de mensuração distinguindo entre valor de uso e valor de não-uso do bem ou serviço ambiental (PEARCE; TUNER, 1990).

As relações econômicas dos indivíduos são estabelecidas pela demanda e oferta nas estruturas de mercado. Os economistas classificam os mercados em:

### **3.2.1 Concorrência perfeita**

É considerado o tipo de mercado ideal, referencial de perfeição para análise de outros mercados. Apresenta uma série de fatores específicos, indicados a seguir:

- Existência de um grande número de pequenos vendedores e compradores – mercado otimizado
- Produto transacionado homogêneo – produto padronizado
- Livre entrada e saída de empresas do mercado
- Transparência perfeita – todos os compradores e vendedores tem conhecimento de tudo o que acontece no mercado
- Perfeita mobilidade dos recursos produtivos – mão de obra e insumos podem ser deslocados a qualquer tempo para a fabricação de outra mercadoria.

### **3.2.2 Concorrência imperfeita**

É o contra ponto dos mercados de concorrência perfeita, são existentes em todo o mundo e apresentam características específicas dentro de cada modelo.

- a) Monopólio – existência de um único vendedor. Pode ser legal ou técnico.
- b) O monopólio legal é caracterizado pela primazia de mercado, assegurado por lei e o monopólio técnico é caracterizado quando a forma mais barata da produção se dá por uma única empresa.
- c) Oligopólio – é caracterizado pelo pequeno número de vendedores que por seu poderio dominam o mercado e inibem a entrada de novas empresas.
- d) Monopsônio – é caracterizado pela existência de um único comprador que impõe as condições de preço.
- e) Oligopsônio – é caracterizado pela existência de um pequeno número de compradores, mas que são responsáveis por parcela significativa das compras no mercado.
- f) Concorrência Monopolística – é caracterizado pela existência de um grande número de produtores, mas que diferenciam-se pelo produto, caracterizado como monopolista do seu produto.

### 3.3 Demanda e oferta

A demanda de um determinado produto é a quantidade que os compradores desejam adquirir em um determinado período de tempo, que pode ser semanal, quinzenal, mensal, anual, etc. Essa demanda depende de fatores específicos como o preço do bem, a renda, o preço de outros bens e os hábitos e gostos dos consumidores.

De acordo com Neves (1996), podemos expressar matematicamente a demanda do bem através da seguinte expressão:

$$D_x = f(P_x, Y, P_z, H, \text{ etc}), \text{ em que:}$$

$D_x$  = Demanda do consumidor

$P_x$  = Preço do bem; .

$Y$  = Renda do consumidor

$P_z$  = Preço de outros bens

$H$  = Hábitos e costumes

A oferta é caracterizada pela quantidade de bem X que os vendedores desejam oferecer no mercado por unidade de tempo.

Assim como a demanda, a oferta também é regulada por diversas variáveis, entre elas: o preço do bem X, preço dos insumos para produção, tecnologia e preços de outros bens.

De acordo com Viceconti, Silvério das Neves, podemos expressar matematicamente a oferta do bem através da seguinte expressão:

$$O_x = f(P_x, P_i, T, P_z, \text{ etc}) \text{ em que:}$$

$O_x$  = Oferta do bem X

$P_x$  = Preço do bem X

$P_i$  = Preço dos insumos para produção

T = tecnologia

$P_z$  = Preço de outros bens.

O modelo de oferta e demanda descreve como os preços variam de acordo com o equilíbrio entre a oferta e a procura, o gráfico abaixo (**figura 2**) exprime essa relação.

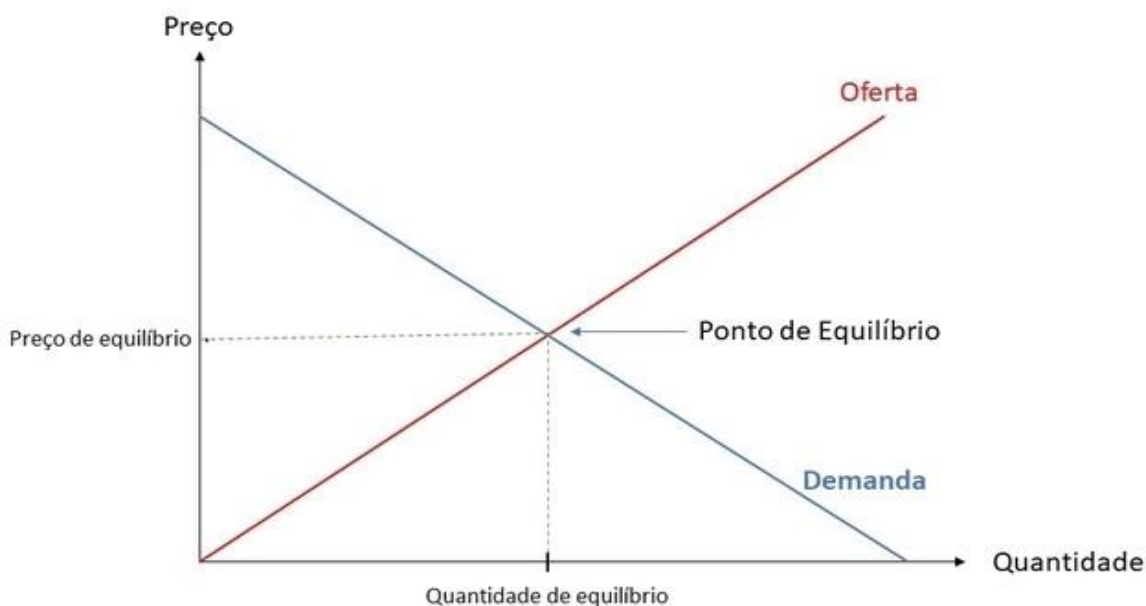


Figura 2: Relação oferta e demanda

Fonte: Autor

### 3.4 Valoração econômica ambiental

As mudanças ocorridas nas sociedades em relação ao bem-estar e preservação do meio ambiente tem transformado as relações comerciais e

despertado em consumidores e empresas a necessidade de adotar políticas e métodos em busca do desenvolvimento sustentável.

Com essa mudança de paradigmas, as políticas ambientais sofreram profundas alterações, desenvolvendo-se as bases econômicas para a valoração monetária dos recursos ambientais. A quantificação do ambiente é fundamental para evitar a degradação dos recursos naturais antes que se ultrapasse o limite da irreversibilidade (SCHWEITZER 1990).

Com o advento das políticas de desenvolvimento sustentável, a valoração econômica ambiental torna-se instrumento de análise das políticas públicas e privadas de investimento.

A preocupação com a preservação ambiental, dos recursos naturais traz a tona a importância de atribuir valor econômico à paisagem, definir disposições a pagar ou a receber de indivíduos no tocante a preservação dos recursos naturais.

Para May; Lustosa (2003) a análise ambiental consiste numa atividade interdisciplinar, que envolve aspectos econômicos e ecológicos para a obtenção do valor dos recursos ambientais como um todo, exigindo cooperação e coordenação entre os grupos envolvidos. Essa necessidade de valoração dos bens ambientais, independentemente da técnica utilizada, visa a garantir recursos naturais para gerações futuras, dentro de preceitos do desenvolvimento sustentável. Assim, para que haja desenvolvimento sustentável, é preciso que, do ponto de vista econômico, o crescimento seja definido de acordo com a capacidade de suporte dos recursos naturais, e para que isso aconteça, é necessário valorar economicamente o meio ambiente (FERREIRA, 2003).

O Principal objetivo da valoração econômica ambiental é estimar os custos sociais de se usar recursos ambientais escassos ou, ainda, incorporar os benefícios sociais advindos do uso desses recursos. Os economistas estimam valores ambientais em termos monetários de maneira a tornar esse valor comparável com outros valores de mercado, de forma a permitir a tomada de decisões envolvendo recursos ambientais, ou seja, o que desejamos é a inclusão

dos benefícios (e custos) ambientais na análise de custo/benefício envolvendo recursos ambientais (MOTTA, 1998).

Dessa forma, a valoração econômica ambiental é fundamental para a gestão de recursos ambientais, bem como para a tomada de decisões que envolvam projetos com grande impacto ambiental. Além disso, permite inserir de forma mais realista o meio ambiente nas estratégias de desenvolvimento econômico, sejam estas locais, regionais ou nacionais (May; Lustosa; Vinha. 2003)

A necessidade da conservação ambiental, da exploração dos recursos escassos e de uma política de desenvolvimento sustentável, faz com que alguns economistas procurem desenvolver conceitos, métodos e técnicas com o objetivo de calcular os valores econômicos do ambiente.

A valoração econômica dos recursos ambientais ganhou papel preponderante nos cenários de planejamento e gestão de atividades cujo cenário principal seja o meio ambiente, não só para regular as atividades, mas também como instrumento de prevenção, compensação e reparação dos impactos ambientais.

A literatura econômica convencional sugere que o valor de um bem ou serviço ambiental pode ser mensurado por meio da preferência individual pela preservação, conservação ou utilização desse bem ou serviço (Bateman & Turner, 1992). Considerando seu gosto e preferências, cada indivíduo terá um conjunto de preferências que será usado na valoração de todo e qualquer bem ou serviço, incluindo os ambientais. No caso específico desses últimos, economistas iniciam o processo de mensuração distinguindo entre valor de uso e valor de não-uso do bem ou serviço ambiental (Pearce & Tuner, 1990).

Ressalta-se que os alertas de especialistas e organizações não governamentais acerca da degradação dos recursos naturais reforçam a necessidade do avanço da ciência em relação aos métodos de valoração ambiental. É importante que ao iniciar o processo de valoração ambiental, tenha-se como ponto inicial o entendimento de “valor”.



Segundo Ferreira (1986), valor é a importância de determinado bem, estabelecida ou arbitrada de antemão: é o equivalente justo em dinheiro, mercadoria, etc., especialmente de bem que pode ser vendido ou comprado.

Para Marques; Comune (1995), o valor das relações entre biodiversidade, que forma o valor total do meio ambiente, não pode ser integralmente revelado, por relações mercantis. Muitos dos seus componentes não comercializados no mercado e os preços dos bens econômicos não refletem o verdadeiro valor da totalidade de seus recursos. Neste contexto, o problema prático da valoração econômica é obter estimativas plausíveis a partir de situações reais, nas quais não existem “mercados aparentes” ou existem “mercados muito imperfeitos”.

### **3.5 Métodos de valoração ambientais direto (função demanda) e indireto (função de produção)**

A literatura econômica convencional sugere que o valor de um bem ou serviço ambiental pode ser mensurado por meio da preferência individual pela preservação, conservação ou utilização desse bem ou serviço. (Bateman & Turner, 1992).

A Norma NBR 14653-6, 2009 considera que a escolha do método de valoração ambiental depende do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade de dados e do conhecimento da dinâmica ecológica do bem a ser valorado.

Neste sentido, Motta (1998) classifica os métodos em:

- Métodos diretos ou de função de demanda: estão diretamente relacionados à variação de bem-estar dos indivíduos e, portanto, pode-se calcular a disposição a pagar (ou receber) das pessoas em relação a qualidade ambiental ou a disposição das mesmas em aceitar uma recompensa pelo dano causado. São eles: Método de mercado de bens complementares; Método de preços hedônicos; Método do custo de viagem; e Método da valoração contingente;
- Métodos indiretos ou da função de produção: são aqueles que permitem observar o valor do recurso ambiental como insumo ou fator, na função de produção de outro bem ou serviço. Os benefícios ou custos ambientais das variações de estoque destes recursos ambientais para a sociedade

podem então ser estimados indiretamente pelas variações causadas na função de produção, já que a qualidade e ou quantidade do bem ecossistêmico afeta a produção de outro bem comerciável derivado do primeiro. São eles: Método da produtividade marginal; Métodos de mercados de bens substitutos (método do custo de reposição; método dos custos evitados; método dos custos de controle); e Método do custo de oportunidade.

A Norma ABNT 14653-6 integra um conjunto de normas para avaliação de bens e destaca a necessidade de classificar a natureza dos recursos naturais para a sua valoração, onde o valor econômico do recurso ambiental (VERA) é definido como o somatório dos valores de uso e de existência de um recurso ambiental.

Para atender os objetivos serão utilizados os modelos de valoração econômica dos recursos ambientais (VERA), buscando calcular o maior número possível de parcelas do VERA, a depender dos bens e serviços ecossistêmicos a serem identificados durante a pesquisa a campo.

Considerando seu gosto e preferências, cada indivíduo terá um conjunto de preferências que será usado na valoração de todo e qualquer bem ou serviço, incluindo os ambientais. No caso específico desses últimos, economistas iniciam o processo de mensuração distinguindo entre valor de uso e valor de não-uso do bem ou serviço ambiental (Pearce & Turner, 1990). O valor de uso refere-se ao uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover. O valor de não-uso ou valor intrínseco ou valor de existência reflete um valor que reside nos recursos ambientais, independentemente de uma relação com os seres humanos, de uso efetivo no presente ou de possibilidades de uso futuro (Marques & Comune, 1995).

De acordo com Pearce e Turner (1990), Motta (1998), Moura (2000), o Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA) se divide em Valores de Uso (VU) e Valores de Não-Uso (VNU), conforme equações 1 e 2 abaixo:

$$(1) \text{ VERA} = \text{VU} + \text{VE} \quad \text{ou} \quad (2) \text{ VERA} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VE}$$

Onde,

VERA= Valor econômico do recurso ambiental

VUD = Valor de uso direto (apropriação direta de um recurso ambiental, seja por extração, visitação ou atividades de produção ou consumo direto);

VUI = Valor de uso indireto (benefícios indiretos gerados pelas funções ecossistêmicas);

VO = Valor de opção (intenção de consumo direto ou indireto do bem ambiental no futuro);

VE = Valor de existência (valores associados a questões morais, culturais, éticas e outros, em relação à existência dos bens ambientais, independente de seu uso no presente ou no futuro, isto é, manutenção intacta).

A **figura 3** demonstra a diferenciação entre os métodos direto e indireto para a identificação dos valores econômicos e do recurso ambiental sintetizando as expressões supracitadas.



Figura 3: Valor Econômico dos Recursos Ambientais  
Fonte: Autor

De acordo com HOLMGREEN (2007), analisar as funções primordiais da valoração dos impactos ambientais é dar suporte ao desenvolvimento de políticas que buscam internalizar os custos dos impactos ambientais por meio de instrumentos econômicos.

A classificação dos recursos naturais segundo a norma ABNT 14653-6 se dá pelos recursos abióticos (atmosfera, águas interiores, superficiais e subterrâneas, estuários, mar, solo e subsolo) e recursos bióticos (fauna e flora).

Dentro de cada categoria estão agrupados de modo específico os BSA afetados pelo desastre ambiental no recorte geográfico em análise. Para tanto, serão utilizadas as tabelas de bens e serviços ecossistêmicos e suas funções propostas por Costanza et. al. (1997) e De Groot (2002).

Tabela 2 – Funções, bens e serviços de ecossistemas naturais e seminaturais.

Funções	Processos Ecológicos e componentes	Bens e serviços (exemplos)
<b>Funções de regulação</b>	Manutenção dos processos ecológicos essenciais e sistemas de suporte à vida	
<b>1 Regulação do gás</b>	Papel dos ecossistemas em ciclos biogeoquímicos	Proteção de UVB por O <sub>3</sub> (prevenção de doenças) (balanço de CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> , camada de ozônio etc) Manutenção da (boa) qualidade do ar Influência no clima (veja também a função 2)
<b>2 Regulação do clima</b>	Influência da cobertura da terra e processos biológicos mediadores (ex. produção de DMS) no clima	Manutenção de um clima favorável (temperatura, precipitação etc) para, por ex., habitação humana, saúde, cultivos
<b>3 Prevenção de distúrbios</b>	Influência da estrutura do ecossistema em distúrbios ambientais úmidos	3.1 Proteção contra tempestades (p.ex., recifes de corais) 3.2 Proteção contra inundações (p.ex., proteção de cheias pelas terras úmidas e florestas)
<b>4 Regulação da água</b>	Papel da cobertura do solo ao regular enxurradas e descargas nos rios	4.1 Drenagem e irrigação natural 4.2 Meio de transporte
<b>5 Oferta de água</b>	Filtragem, retenção e armazenagem de água doce (p.ex., nos aquíferos)	Provisão de água para consumo (para: beber, irrigação e uso industrial)
<b>6 Retenção do solo</b>	Papel da matriz de raízes da vegetação e da biota do solo na retenção de solo	6.1 Manutenção de terra arável 6.2 Prevenção de danos ao solo pela erosão e assoreamento
<b>7 Formação do solo</b>	Intemperismo das rochas e acumulação de material orgânico	7.1 Manutenção da produtividade em terras aráveis 7.2 Manutenção de solos produtivos naturais
<b>8 Regulação dos nutrientes</b>	Papel da biota em armazenar e reciclagem de nutrientes (fósforo, potássio e cálcio)	Manutenção de solos saudáveis e ecossistemas produtivos
<b>9 Tratamento de resíduos</b>	Papel da vegetação e da biota na remoção ou queda de nutrientes xenic e seus componentes	9.1 Controle da poluição/desintoxicação 9.2 Filtragem de partículas de terra, sujeira 9.3 Redução da poluição sonora
<b>10 Polinização</b>	Papel da biota na movimentação dos gametas florais	10.1 Polinização de espécies de plantas selvagens 10.2 Polinização de culturas
<b>11 Controle biológico</b>	Controle da população através das relações dinâmicas dos sistemas	11.1 Controle de pestes e doenças 11.2 Redução de ervas daninhas (prejudicam as culturas)
<b>Funções de habitat</b>	Fornecendo habitat (espaço de vida adequado) para plantas selvagens e espécie de animais	Manutenção da diversidade genética e biológica ( e base para outras tantas funções)
<b>12 Função refúgio</b>	Espaço de vida adequado para plantas e animais selvagens	Manutenção de espécies comercializáveis
<b>13 Função de berçário</b>	Habitat adequado para reprodução	13.1 Pesca, coleta de peixes, frutas etc 13.2 Agricultura de subsistência de pequena escala e cultura aquática
Função de produção	<b>Provisão de recursos naturais</b>	
<b>14 Alimentos</b>	Conversão de energia solar em plantas e animais comestíveis	14.1 Construção e manufatura (p.ex. madeira, peles) 14.2 Combustível e energia (p.ex. lenha, matéria orgânica) 14.3 Forragem e fertilizantes (p. ex. folhas, restos de vegetação etc)
<b>15 Matéria-prima</b>	Conversão de energia solar em biomassa para construção humana e outros usos	15.1 Melhora a resistência das culturas a pestes e patogênicos 15.2 Outras aplicações (p.ex. cuidados com a saúde)

<b>16 Recursos genéticos</b>	Material genético e evolução nas plantas e animais selvagens	16.1 Drogas e fármacos 16.2 Modelos químicos e ferramentas 16.3 Organismos de testes e ensaios
<b>17 Recursos medicinais</b>	Variedades de substâncias (bio) químicas em, e outros usos medicinais, biota natural	Recursos para moda, artesanato, joalherias, animais domésticos, adornos, decoração e souvenirs (p.ex. peles, penas, marfins, orquídeas, borboletas, peixes de aquário, conchas etc)
<b>18 Recursos ornamentais</b>	Variedade de biota em ecossistemas naturais com (potencial) uso ornamental	
Funções de informação	<b>Provisão de oportunidades para desenvolvimento cognitivo</b>	
<b>19 Informação estética</b>	Características de paisagens atrativas	Apreciação de cenários (estradas e construções cênicas etc)
<b>20 Recreação</b>	Variedade de paisagens com (potenciais) usos recreacionais	Viagens para ecossistemas naturais para ecoturismo, esportes a céu aberto, etc
<b>21 Informação artística e cultural</b>	Variedade de características naturais com valor artístico e cultural	Uso da natureza como inspiração para livros, filmes, pinturas, folclore, símbolos nacionais etc
<b>22 Informação espiritual e histórica</b>	Variedade nas características naturais com valor espiritual e histórico	Uso da natureza para propósitos religiosos ou históricos (isto é, valor patrimonial de ecossistemas naturais e suas características)
<b>22 Ciência e educação</b>	Variedades na natureza com valor científico e educacional	Uso de sistemas naturais para excursões escolares etc. Uso da natureza para pesquisa científica.

Fonte: traduzido de De Groot et al (2002)

De acordo com HOLMGREEN (2007), analisar as funções primordiais da valoração dos impactos ambientais é dar suporte ao desenvolvimento de políticas que buscam internalizar os custos dos impactos ambientais por meio de instrumentos econômicos.

A classificação dos recursos naturais segundo a norma ABNT 14653-6 se dá pelos recursos abióticos (atmosfera, águas interiores, superficiais e subterrâneas, estuários, mar, solo e subsolo) e recursos bióticos (fauna e flora).

Dentro de cada categoria estão agrupados de modo específico os BSA afetados pelo desastre ambiental no recorte geográfico em análise. Para tanto, serão utilizadas as tabelas de bens e serviços ecossistêmicos e suas funções propostas por Costanza et. al. (1997) e De Groot (2002).

A expressão serviços ecossistêmicos engloba, além dos serviços, os bens ecossistêmicos, também chamados de bens e serviços ambientais

A tarefa de valorar economicamente um recurso ambiental consiste em determinar quanto melhor ou pior estará o bem-estar das pessoas devido a mudanças na quantidade e qualidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não. Existe uma diversidade de metodologias que englobam a valoração, dentre elas podem citar os seguintes métodos: de mercado de bens complementares, de preços hedônicos, de custo viagem, valoração contingente, produtividade marginal, do custo de oportunidade.

Para os recursos ambientais a aplicação do método de mercado de bens complementares não é tarefa simples, pois não há mercado com quantidades transacionadas e preços de recursos. As amenidades ambientais não são passíveis de visualização de preços de mercado (compra e venda de paisagem, oxigênio, poluição e ruído).

Já o método de preços hedônicos estabelece a relação entre os atributos do produto e seu preço de mercado, sendo possível sua aplicação a qualquer tipo de produto, embora seu uso seja frequente em preços de propriedades.

O MPH apresenta os melhores resultados em relação as alterações os preços das propriedades, pois insere os atributos ambientais associados. Considera-se que o preço da propriedade não se constitui apenas em seu valor patrimonial, mas também dos benefícios atualizados, como por exemplo a produtividade ao longo de um período.

O método de custo viagem é um dos mais antigos e fundamenta-se na valoração de sítios naturais de visitação pública (parques, áreas de lazer e etc...). Esse método faz uma relação (função) dos gastos para visitação (taxa de entrada, passagens, hospedagem dentre outros) e outras variáveis que possam explicar a visita aos sítios naturais.

Para a obtenção dos dados é aplicado um questionário aos visitantes no intuito de reunir informações a fim de determinar o padrão de utilização do recurso, frequência de visitas a fim de determinar a função procura. A função procura será utilizada para determinar o valor de uso do local, que é o valor do recurso ambiental.

De acordo com Comune et.al. (1995), o Método de Valoração Contingente (MVC) agrega um conjunto de técnicas fundamentadas em pesquisas utilizadas para estimar o valor econômico dos bens e serviços ambientais com base nas preferências dos consumidores.

Para May; Lustosa; Vinha (2003), a grande vantagem do método de valoração contingente sobre os demais métodos de valoração econômica ambiental é que esse método é o único que permite a estimação de valores de existência. Isto se explica porque não observamos o comportamento dos indivíduos em mercado correlato ao do recurso ambiental, mas cria-se um cenário hipotético em que os indivíduos expressam suas preferências.

Já em relação ao método da produtividade marginal, este trata-se diretamente de bens substitutos (método do custo de reposição; método dos custos evitados; método dos custos de controle).

E por fim, o do custo de oportunidade, em que a preservação de um recurso ambiental resulta num custo que deve ser medido para permitir a partilha entre os diversos agentes que aproveitam os benefícios da conservação. Toda preservação trás um custo de oportunidade das atividades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção. O custo de oportunidade reflete as perdas econômicas da população em razão das restrições de uso dos recursos ambientais. O benefício da conservação seria o valor de uso direto do recurso ambiental, estimado pela receita perdida em função da não utilização do sítio pra outras atividades econômicas. (CAVALCANTI, 2002).

### **3.6 Legislação atividade mineradora**

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 estabelece no Artigo 225 que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados(SCHAPER, 2015).



Destacamos ainda no arcabouço jurídico ambiental as leis a seguir:

- Lei nº 6.938 de 1981 que institui a Política nacional de Meio Ambiente e impõe ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados por sua atividade, independentemente da existência de culpa.

- Lei nº 7.347 de 1985 que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

O Artigo 13 da Lei nº 7.347 estabelece que:

*“Havendo condenação em dinheiro, a indenização pelo dano causado reverterá a um fundo gerido por um Conselho Federal ou por Conselhos Estaduais de que participarão necessariamente o Ministério Público e representantes da comunidade, sendo seus recursos destinados à reconstituição dos bens lesados.”*

- Lei nº 9.605 de 1998, é conhecida como a Lei dos Crimes Ambientais e dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas das condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente.

Em 26 de dezembro de 2017, por meio da Lei nº 13.575/2017 foi criada a Agência Nacional de Mineração – ANM que assumiu as funções exercidas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, órgão criado em, 1934 e subordinado ao Ministério de Minas e Energia.

Em 5 de dezembro de 2018, o então presidente Michel Temer publicou o decreto que determina a instalação da Agência Nacional de Mineração. Com isso a ANM estará investida no exercício pleno de suas atribuições e o Departamento Nacional de Proteção Mineral – DNPM estará definitivamente extinto.

Dentre as competências da ANM, destaca-se que a agência deverá normatizar o sistema brasileiro de certificação de reservas e recursos minerais.

É importante destacar também que dezembro de 2018, entrou em vigor o novo Regulamento do Código de Mineração – decreto 9.406/18, que normatiza a atividade de mineração no Brasil.

Esse esforço vem ao encontro de sanar as deficiências no sistema de licenciamento e autorização de novas lavras, buscando minimizar os impactos causados por desastres/acidentes na atividade minerária.

No § 2º, do ART. 5º, o decreto deixa claro que: *O exercício da atividade de mineração implica a responsabilidade do minerador pela recuperação ambiental das áreas degradadas.*

O Decreto Federal nº 97.632/89 dispõe em seu artigo 1º a obrigatoriedade dos projetos destinados à exploração dos recursos minerais quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, submeterem à aprovação do órgão ambiental competente o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD.

Essa preocupação fundamenta-se na concepção de que a atividade minerária extrativa sempre é danosa, sem controle e de técnicas inadequadas de potencial de degradação altíssimo à área do empreendimento.

Encarado como mera formalidade, esse instrumento que deveria trazer segurança e a garantia de recuperação da área degradada, muitas vezes não tem sua aplicabilidade viabilizada, seja simplesmente pelo descaso dos órgãos de fiscalização ou mesmo pela falta de pessoal capacitado e de instrumentos de controle adequados.

A falta de um projeto de recuperação adequado, estruturado e de aplicabilidade imediata poderá fazer com que os efeitos da degradação se estendam por um período de tempo longo dificultando a capacidade de resiliência do ambiente.

### **3.7 Barragens de rejeitos de mineração**

As atividades relacionadas à produção mineral geram um volume significativo de massa do minério que é rejeitada nos processos de lavra e beneficiamento. A disposição desses rejeitos à semelhança daqueles resultantes de atividades industriais, urbanas ou de pesquisas nucleares, é, na atualidade, um contratempo à indústria mineral. (CETEM, 2010)

Segundo Oliveira Jr (1998), *minerar é assegurar economicamente, com mínima perturbação ambiental, justa remuneração e segurança, a máxima observância do princípio da conservação mineral a serviço social*, o que contradiz o ocorrido em Mariana, para citar um exemplo.

O manual de segurança e inspeção de barragens (BRASIL, 2002) define barragem de rejeitos como sendo um barramento construído para reter rejeitos ou materiais estéreis de mineração e de outros processos industriais.

A crescente geração de rejeitos tem conduzido a um aumento significativo das estruturas armazenadoras, fazendo com que, atualmente, as barragens de rejeitos encontram-se entre as importantes obras da mineração. Concomitantemente ao aumento das dimensões das barragens, os vários acidentes ocorridos com as mesmas despertam a atenção da comunidade técnico-científica e de autoridades governamentais para a questão de segurança destas obras. A facilidade de operação e a inserção segura de obra no meio ambiente associada à sua viabilidade econômica, são requisitos básicos de um sistema de disposição de rejeitos em barragens. (CETEM, 2010)

No processo minerário geralmente a disposição dos rejeitos se dá de duas formas: pilhas de estéril e/ou barragens de rejeitos.

Os métodos construtivos de barragens se dão de três formas: Método da jusante, Método da Montante e Método da linha de centro, conforme indicado na **Figura 4.**

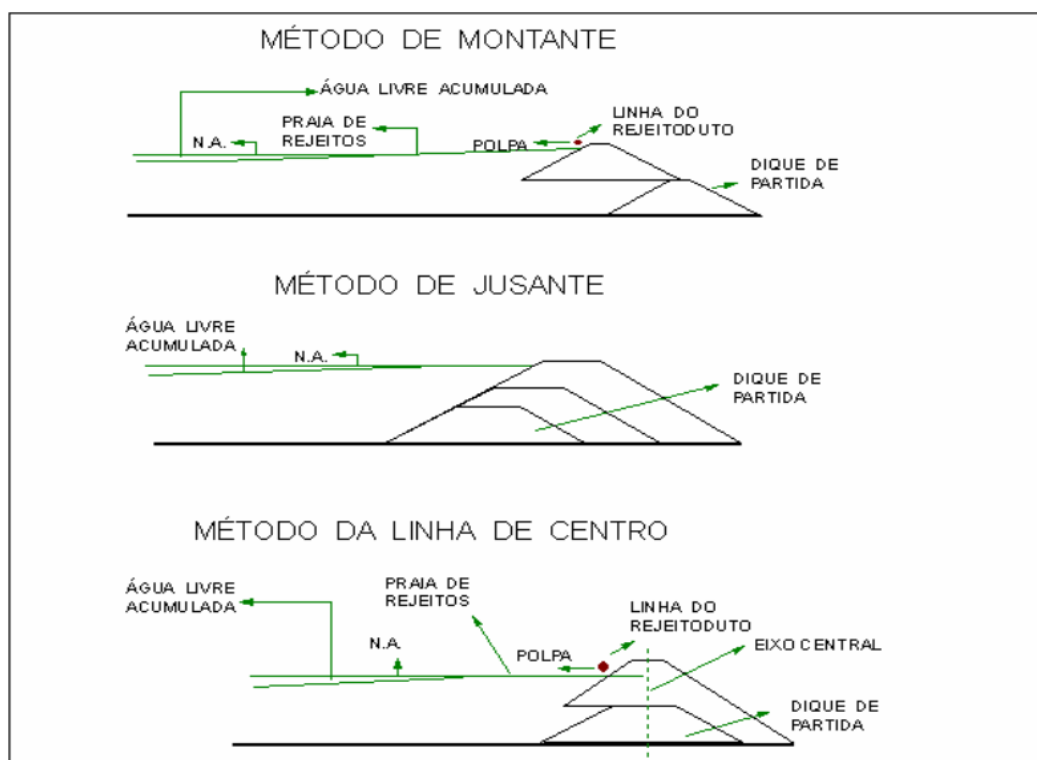


Figura 4 - Método de alteamentos em barragens  
 Fonte: Espósito, 2000

O método de montante é o mais antigo, simples e econômico método de construção de barragens. A etapa inicial na execução deste tipo de barragem consiste na construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. Após realizada esta etapa, o rejeito é lançado por canhões em direção a montante da linha de simetria do dique, formando assim a praia de deposição, que se tornará a fundação e eventualmente fornecerá material de construção para o próximo alteamento. Este processo continua sucessivamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (ARAÚJO, 2006)

De acordo com Troncoso (1997), o método de montante para alteamento de barragens de rejeito é o mais econômico em curto prazo, pois permite obter a menor relação entre volumes de areia / lama. Embora seja o mais utilizado pela maioria das mineradoras, o método de montante apresenta um baixo controle construtivo, tornando-se crítico principalmente em relação à segurança. O agravante neste caso está ligado ao fato dos alteamentos serem realizados

sobre materiais previamente depositados e não consolidados. Assim, sob condição saturada e estado de compactação fofo, estes rejeitos (granulares) tendem a apresentar baixa resistência ao cisalhamento e susceptibilidade à liquefação por carregamentos dinâmicos e estáticos (ARAUJO, 2006).

No método da jusante as vantagens envolvidas nesse processo consistem no controle do lançamento e da compactação, de acordo com técnicas convencionais de construção. Nenhuma parte ou alteamento da barragem é construída sobre o rejeito previamente depositado, além disso, os sistemas de drenagem interna podem ser instalados durante a construção da barragem e prolongados durante seu alteamento, permitindo o controle da linha de saturação na estrutura da barragem e aumentando sua estabilidade. A barragem também pode ser projetada e construída apresentando a resistência necessária ou requerida, inclusive resistir a qualquer tipo de forças sísmicas, desde que projetadas para tal, já que há a possibilidade de atendimento integral das especificações de projeto (KLOHN 1981).

Entretanto, barragens alteadas pelo método de jusante necessitam de maiores volumes de material para construção, apresentando maiores custos associados ao processo de ciclagem ou ao empréstimo de material. Além disto, com este método, a área ocupada pelo sistema de contenção de rejeitos é muito maior, devido ao progresso da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura (ARAUJO, 2006).

Já no método da linha do centro, o comportamento geotécnico do método de linha de centro se assemelha mais a barragens alteadas para jusante, constituindo uma variação deste método, onde o alteamento da crista é realizado de forma vertical, sendo o eixo vertical dos alteamentos coincidente com o eixo do dique de partida. Neste método, torna-se possível a utilização de zonas de drenagem internas em todas as fases de alteamento, o que possibilita o controle da linha de saturação e promove uma dissipação de poropressões, tornando o método apropriado para utilização inclusive em áreas de alta sismicidade (ASSIS; ESPÓSITO 1995).

### 3.8 Mineração em Minas Gerais e a Samarco

A mineração em Minas Gerais remonta ao século XVII com a corrida ao ouro, os grandes aluviões auríferos despertaram uma corrida as minas na expectativa de enriquecimento fácil e rápido

A Samarco é uma empresa brasileira fundada em 1977, atualmente é controlada pela Vale S/A e pela anglo-australiana BHP Billinton. Fornece minério de ferro para 19 países da América, Ásia, África e Europa.

Sua atividade principal é a extração de minério de baixo teor e transformá-lo em produto de alta qualidade e valor (Greenpeace, 2017, p.16). De acordo com o Relatório Greenpeace 2017, p.16 tem aumentado a quantidade de rejeitos no meio ambiente por ser baixa a recuperação no beneficiamento destes rejeitos, aumentando assim os riscos e impactos desta atividade.

Após duas décadas 80 e 90, marcadas pela estagnação da mineração no Brasil, os anos 2000 iniciam-se como uma nova era para a mineração, com o aumento da 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).

Este foi um ciclo no qual o Brasil ocupou o segundo lugar mundial na exportação de minérios, sendo a mineração responsável por 5% do PIB nacional e o minério de ferro responsável por 92,6% de toda a exportação de minérios do país (WANDERLEY et.al., 2016, p.30). A Samarco, por sua vez, assumiu protagonismo neste processo, tornando-se a segunda maior exportadora transoceânica de minério de ferro do mundo. (REIS et.al, 2006, p.157).

Diante do cenário favorável, a Samarco inicia em 2014 o projeto P4P (Projeto Quarta Pelotização) que amplia a capacidade operacional, com investimentos de 6,4 bilhões, ampliando a capacidade produtiva em 37%.

A Constituição do Brasil de 1988, traz em seu artigo 20. § 1º a instituição da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

A Compensação Financeira é devida pelas mineradoras em decorrência da exploração de recursos minerais, para fins de aproveitamento econômico.

A exploração de recursos minerais consiste na retirada de substâncias minerais da jazida, mina, salina ou outro depósito mineral, para fins de aproveitamento econômico.

Os recursos originados da CFEM, não poderão ser aplicados em pagamento de dívida ou no quadro permanente de pessoal da União, dos Estados, Distrito Federal e dos Municípios. As respectivas receitas deverão ser aplicadas em projetos, que direta ou indiretamente revertam em prol da comunidade local, na forma de melhoria da infra-estrutura, da qualidade ambiental, da saúde e educação.

Os recursos originários da CFEM são distribuídos da seguinte forma:

- 12% para a União (DNPM 9%, IBAMA 0,2%, MCT/FNDCT 2%)
- 23% para o Estado onde for extraída a substância mineral
- 65% para o município produtor.

Na **tabela 3** apresentamos a evolução de arrecadação da CFEM em Minas Gerais no período de 2015 a julho de 2019.

Tabela 3 - Arrecadação CFEM-MG 2015 – 2019\*

ANO	R\$
2015	675.502.250,23
2016	858.495.783,06
2017	777.782.496,79
2018	1.311.277.683,72
2019 * até julho	959.444.264,43

Fonte: ANM, 2019

Em Mariana, desde a tragédia de 05 de novembro de 2015, os valores arrecadados com a CFEM sofreram alterações importantes entre 2015 e 2017, mas retomaram evolução crescente a partir de 2018 conforme tabela y.

Segundo a Prefeitura de Mariana, a previsão de arrecadação municipal que gira em torno de 27 milhões mensais tende a sofrer queda abrupta, passando a 12 milhões, devido a variações na arrecadação de ICMS e CFEM por causa da suspensão das atividades das minas Fábrica Nova e Alegria ambas da Vale anunciada no dia 29 de janeiro de 2019.

Após o rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da Samarco, no município de Mariana/MG no ano de 2015 (maior tragédia ambiental do país), pouca coisa (ou quase nada) foi feito pelo Governo Federal – através do antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), pelo Ministério de Minas e Energia (MME), pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA) e pelos próprios Presidentes da República, que continuaram relegando o assunto a segundo (ou terceiro) plano e, ainda, deram outra destinação à parcela federal da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) diversa da determinada pela Lei Federal 8.001/1990 (assim como também pela Lei Federal 13.540/2017). (AMIG, 2019)

O Governo do Estado de Minas Gerais seguiu a mesma (e perigosa) linha de ação, dando outras destinações à parcela estadual da CFEM e, principalmente, da Taxa de Fiscalização de Recursos Minerais (TFRM).

Infelizmente, no dia 25 de janeiro de 2019, a história se repetiu: Brumadinho foi o cenário da maior tragédia do mundo em número de vítimas, evidenciando a falência do modelo histórico de sucateamento dos órgãos de controle federal e estadual cumulada com a autofiscalização das empresas do setor.



Como resposta imediata, em 29 de janeiro deste ano, a empresa mineradora Vale S.A, anunciou que a companhia irá descomissionar as barragens que utilizam o método chamado alteamento à montante, o mesmo sistema utilizado na estrutura que se rompeu em Mariana no ano de 2015 e, em janeiro deste ano, na cidade de Brumadinho.

Essa decisão influi diretamente na capacidade financeira dos municípios vinculados a mineração e reflete diretamente nos serviços prestados à população, principalmente em Mariana que tem na mineração sua maior fonte de arrecadação conforme **tabela 4**

Tabela 4 - Arrecadação CFEM-MARIANA 2014 – 2019\*

<b>ANO</b>	<b>R\$</b>
<b>2014</b>	71.556.234,65
<b>2015</b>	61.562.086,70
<b>2016</b>	57.191.129,22
<b>2017</b>	40.448.983,49
<b>2018</b>	62.436.887,51
<b>2019 * até julho</b>	53.601.273,35

Fonte: ANM, 2019

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Localização

O distrito de Bento Rodrigues é subdistrito de Santa Rita Durão (distrito de Mariana), foi fundado em 1698 pelo bandeirante Bento Godoy Rodrigues e tornou-se um importante centro de mineração nos séculos XVII e XVIII. No povoado viviam cerca de 600 habitantes e a atividade econômica baseava-se no comércio varejista, com a produção de hortifrutigranjeiros, alimentos e bebidas e contava também com uma pequena fábrica de geleia de pimenta biquinho e de uma empresa de consultoria empresarial especializada (Grupo da Força-tarefa, 2016, p.34-35).

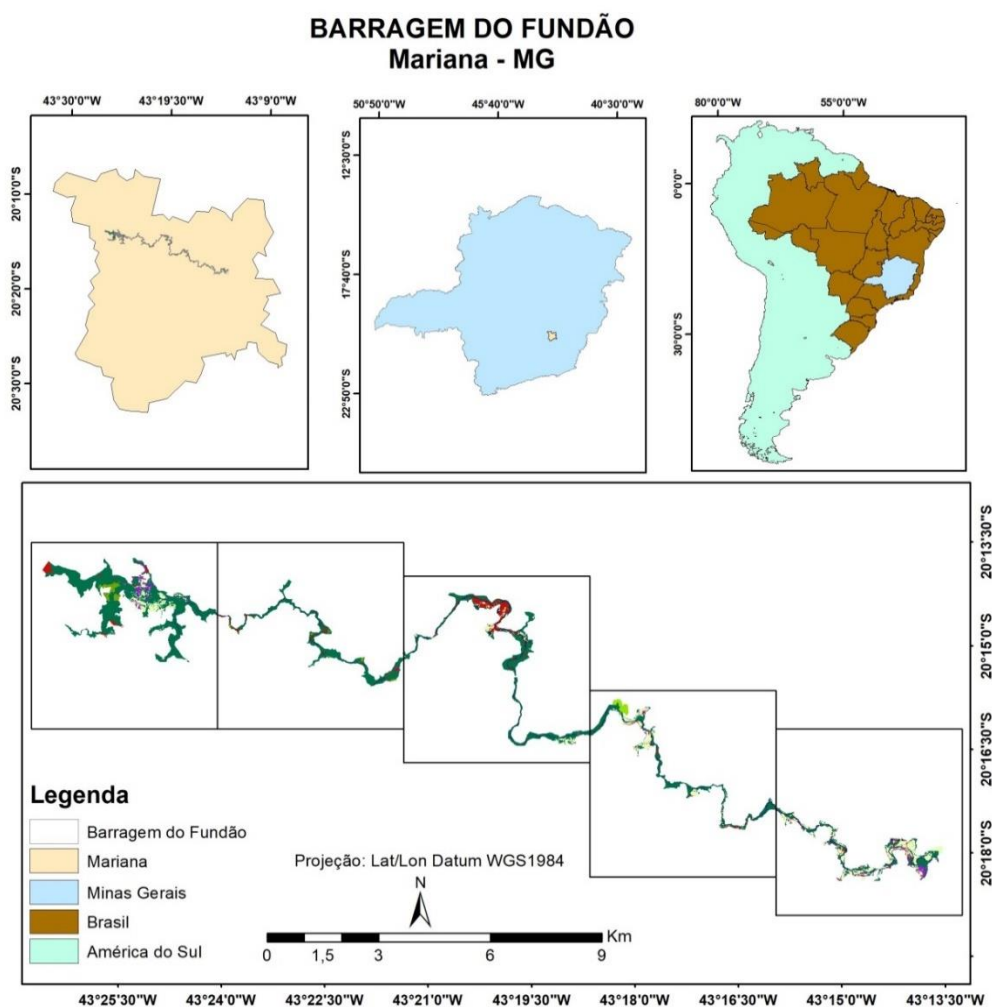


Figura 5 - Localização Barragem do Fundão – Mariana  
Fonte: Autor

Bento Rodrigues, embora vilarejo era distrito que possuía uma história majestosa e digna de orgulho entre seus concidadãos. Com 317 anos de existência, abrigava igrejas centenárias com obras sacras importantes e monumentos de notória relevância cultural, além de fazer parte da rota da Estrada Real no século XVII. Além das perdas de vidas humanas, cujos valores são incalculáveis, em apenas onze minutos de avalanche todo patrimônio histórico e cultural, construído ao longo de séculos, fora dizimado pelo mar de rejeitos (GONÇALVES; VESPA; FUSCO, 2015).

Além disso, o povoado, por ter sido um importante centro de mineração no século XVIII, integrava o Caminho dos Diamantes da Estrada Real, que interligava os distritos de Santa Rita Durão e Camargos, realizando a rota de Minas Gerais ao Rio de Janeiro (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2016).

Segundo consta do Dossiê de Tombamento de Bento Rodrigues as falas de moradores de Bento reforçam a função antiga de entreposto de apoio aos viajantes, agora ligada à exploração turística da estrada real, que se praticava em Bento, antes de ser devastada pela lama de rejeitos de Fundão. Da mesma forma, as atividades agrárias foram muito mais citadas como as atividades econômicas centrais da população do que ligadas à mineração (ICOMOS, 2019, p.86).

Ainda de acordo com o Dossiê de Tombamento de Bento Rodrigues o povoado apresentava também vocação para o turismo e o ecoturismo, devido à própria existência da Estrada Real, com a presença de trilheiros, iron bikers, caminhantes, além de ter como outros atrativos seu povo hospitaleiro, as comidas e frutas de qualidade, atrativos naturais como suas cachoeiras, entre outros (ICOMOS, 2019, p.88).

Segundo apontado na Denúncia do Ministério Público Federal (2017):

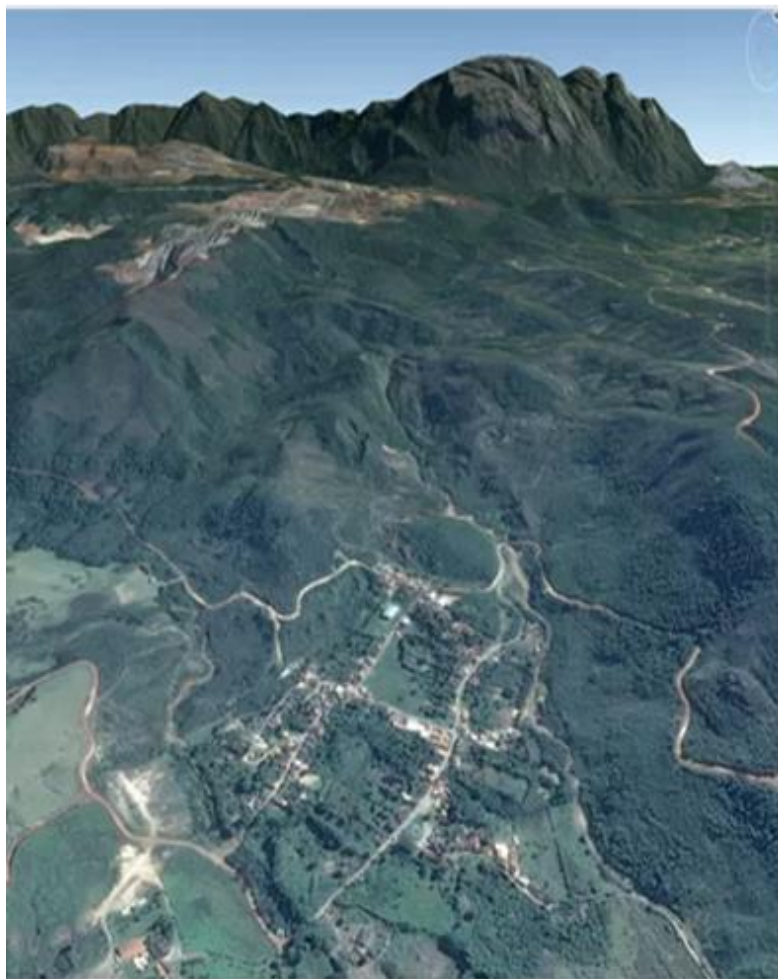
em Bento Rodrigues a inundação causou o desabamento de vários imóveis residenciais, comerciais, igrejas, pontes e prédios públicos, deixando mais de 300 (trezentas) famílias desabrigadas, além de vítimas fatais. Na corrida pela vida, a grande maioria dos moradores de Bento Rodrigues não teve tempo de salvar quaisquer pertences, sendo obrigados a fugirem para terrenos mais altos na região, onde não pudessem ser arrastados/soterrados pela lama.

Segundo a Secretaria Municipal de Turismo de Mariana, a Cachoeira do Ouro Fino, formada a partir do rio Gualaxo do Norte, por exemplo, apresenta uma queda d'água de 15 metros, como lago de 5x3 metros e profundidade máxima de 1,5m.

A localidade atraía inúmeros visitantes para suas festas, dentre as quais destacam-se as manifestações culturais e religiosas como a Festa de São Bento, realizada no último final de semana do mês de julho; a Festa de Nossa Senhora das Mercês, realizada no mês de setembro; a Festa de São Sebastião, de São José, de Nossa Senhora das Dores, Maria Concebida, do Sagrado Coração de Jesus, de São Benedito e do Menino de Jesus (ICOMOS, 2019, p.88)..

O distrito de Paracatu de Baixo, conforme **figura 5** é um subdistrito de Monsenhor Horta e está localizado a 34 km de Mariana e a 9 km de Monsenhor Horta. O espaço urbano do distrito é articulado pela presença do Rio Gualaxo do Norte, da estrada que corta o subdistrito, da igreja de Santo Antônio, do campo de futebol e da escola construída para ensino infantil e fundamental (classes multisseriadas).

A figura 5a e 5b apresentam a composição do distrito antes e após o rompimento da barragem do Fundão.



(a)



(b)

Figura 6. Distrito de Paracatu de Baixo – Antes e após o rompimento da barragem do Fundão  
Fonte: Google Earth/Felipe Dana – G1

Além da festa de Santo Antônio, os moradores de Paracatu de Baixo tinham na folia de Reis de Paracatu um de seus grandes símbolos comunitários. Segundo o Inventário de Proteção do Acervo Cultural de Mariana (Prefeitura de Mariana, 2005), a folia de Reis percorria de 26 de dezembro a 05 de janeiro as localidades vizinhas ao subdistrito e que mantinha a tradição de décadas.

A paisagem nada tem de fixo, de imóvel. Cada vez que a sociedade passa por um processo de mudança, a economia, as relações sociais e políticas também mudam, em ritmos e intensidades variados. A mesma coisa acontece em relação ao espaço e à paisagem que se transforma para se adaptar às novas necessidades da sociedade (SANTOS, 1997, p. 37).

Com o rompimento da barragem, o distrito simplesmente desapareceu soterrado pelo mar de lama, foram cinco vítimas fatais, sendo três idosos e duas crianças. No que diz respeito ao impacto causado nas habitações, aduziu que “das 251 edificações mapeadas em Bento Rodrigues, 207 apresentaram sobreposição com o polígono da área atingida, ou seja, 82% das edificações foram atingidas” (BRASIL, 2015, p.25).

Os impactos causados ao meio ambiente por essa atividade são enormes e de difícil valoração, e as políticas de prevenção e de licenciamento ambiental muitas vezes não são acompanhadas de fiscalização, seja por falta de aparato para a realização dos trabalhos ou por extrema falta de organização e despreparo dos órgãos responsáveis pelas autorizações.

De acordo com Bitar (1997) a mineração é responsável por promover uma diversidade de efeitos não desejados, os impactos de grande relevância seriam: alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano. Estes provocam conflitos com a comunidade, devido à falta de interesse do empreendimento em atender as necessidades da população.

#### **4.2 Contextualização do rompimento da barragem e área de estudo**

O município de Mariana é regido por duas unidades geomorfológicas principais, o Quadrilátero Ferrífero em sua porção mais oeste, culminando na

Serra do Caraça, e os planaltos dissecados do Rio Doce na porção restante do território (CPRM, 1993).

A unidade geomorfológica “Quadrilátero Ferrífero” é caracterizada por possuir altitudes médias em torno de 1.400 a 1.600 metros de altitude (CRPM, 1993), sendo seu ponto culminante localizado na Serra do Caraça (2.064m).

As rochas metamórficas pré-cambrianas contêm as jazidas de ferro “sendo a Formação Cauê, de idade paleoproterozóica, a que se oferece maior interesse econômico, devidos aos seus importantes depósitos ferríferos de elevado teor e pureza”. (GODOY, 2017, p.21)

O município de Mariana situa-se na Bacia do Rio Doce, banhada pelo Rio do Carmo, que possui dois afluentes: Gualaxo do Norte e Gualaxo do Sul. A altitude máxima chega a 1.772 m no Pico do Itacolomi. (Prefeitura Mariana, 2017)

No dia 05 de novembro de 2015, o rompimento da Barragem do Fundão devastou os distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, pertencentes à Mariana levando destruição para os distritos e para o ambiente, transformando a paisagem da região.

Após o rompimento da barragem em novembro de 2015, algumas ações emergenciais foram implementadas pela SAMARCO S.A e suas controladoras no sentido de minimizar os impactos socioeconômicos e ambientais oriundos do maior desastre minerário do mundo. Dentre essas ações destacamos:

- Realocação dos moradores/afetados que perderam seus lares;
- Distribuição de água potável e mineral;
- Resgate de animais;
- Atendimento psicossocial;
- Restabelecimento de acessos danificados

A Lei n. 6.938/81 dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências e no seu art. 3º, IV, define como poluidor “a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental”.

A CF/88 traz em artigo 225 parágrafo 1º, IV:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL,1988).

Resta demonstrado que a responsabilidade pela recuperação dos danos causados ao meio ambiente e a coletividade é da SAMARCO S.A e suas controladoras Vale S/A e BHP Billinton.

Em dezembro de 2015 foi proposto a Ação Civil Pública (ACP) contra a Samarco e suas controladoras Vale S/A e BHP Billinton pedindo pagamento de R\$ 20,2 bilhões a serem desembolsados em 10 anos para custear as medidas de reparação, compensação e de indenização. Além da ação anterior, o Ministério Público Federal de Minas Gerais ajuizou uma ACP no valor de R\$ 155 bilhões<sup>2</sup> pedindo a responsabilização além das empresas envolvidas, também dos entes públicos como a União, O Estado de Minas Gerais, O Estado do Espírito Santo e órgãos ambientais.

Além dessas ações a Samarco já foi multada em mais de 500 milhões de reais, só o Ibama já aplicou 7 multas totalizando 292 milhões de reais, além da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD que aplicou 18 multas totalizando 68 milhões e o Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais – COPAM aplicou multa de 112 milhões de reais. A Samarco tem oferecido recursos contra todas essas multas que estão sendo discutidas no âmbito dos processos administrativo.

No último dia 25 de junho de 2018 a Samarco, suas controladoras e diversos órgãos celebraram um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) que prevê a repactuação de 42 programas previstos no Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC), assinado em março de 2016 (SAMARCO) e o pior extingue ações judiciais, dentre as quais a ACP de R\$ 20 bilhões e a ACP de R\$155 bilhões. Não é objetivo desse trabalho discutir os ajustamentos e repactuações dos acordos assinados.

Passados 4 anos desde o rompimento da barragem do fundão as incertezas continuam em relação a reparação dos danos, tanto com os reparos indenizatórios, quanto nas medidas de recuperação ambiental e dos distritos destruídos.



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 (IBAMA, 2015).

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo serão apresentados todos os materiais e dados utilizados neste trabalho, assim como os procedimentos metodológicos realizados para a obtenção dos resultados.

### **5.1 Materiais utilizados**

Neste trabalho as imagens do Google Earth foram utilizadas para o mapeamento das áreas atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão, pertencente ao complexo minerário de Germano, no município de Mariana/MG.

#### **5.1.1. Imagens Google Earth**

O Google Earth é um software gratuito que combina um mosaico imagens de satélite obtidas de fontes diversas com as características do terreno para fornecer uma renderização digital em 3D da superfície da Terra em uma interface considerada de fácil manipulação para o usuário final, podendo ser utilizado para a confecção de mapas bidimensionais, simulador de paisagens, identificação de lugares, construções, paisagens entre outros (LIMA, 2012).

### **5.2. Procedimentos Metodológicos**

#### **5.2.1. Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra (UCT) da área de estudo**

A partir da plataforma on line do Google Earth delimitou-se a área de influência da lama a partir da função histórico presente na plataforma. Assim pegou-se a área de influência visivelmente afetada pela lama, traçou-se uma linha e vetorizou-se toda sua influência até o distrito de Paracatu de Baixo. A partir daí utilizou-se uma nova imagem mais atual, pós evento, para determinar os usos. Esses usos foram realizados a partir de polígonos e depois exportado para ArcGis e Spring. pela lama Após o recorte espacial da área de estudo, as cenas foram inseridas no ArcGis 10.7 em formato *Keyhole Markup Language* (KML) que é uma linguagem baseada em XML e serve para expressar anotações

geográficas e visualização de conteúdos existentes nessa linguagem como mapas em 2D e navegadores terrestre em 3D. Nesta etapa o mosaico dos planos vetoriais foram criados para que fosse representado então os usos do solo da área de estudo em questão, isto é, para selecionar os usos do solo da área de interesse. com o objetivo de criar uma nova imagem que represente a área de estudo em questão, isto é, para selecionar as imagens que contém a totalidade da área de interesse. (LIMA, 2012)

A etapa seguinte foi realizada no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING versão 5.5.2, utilizou-se a imagem Sent Nel com resolução espacial de 10 m para realizar o mosaico, criação de bancos de dados e composição da coloração falsa cor, tendo em vista a dar suporte para os mapas vetoriais extraídos a partir da plataforma on line do Google Earth.

As etapas podem ser observadas no fluxograma abaixo:

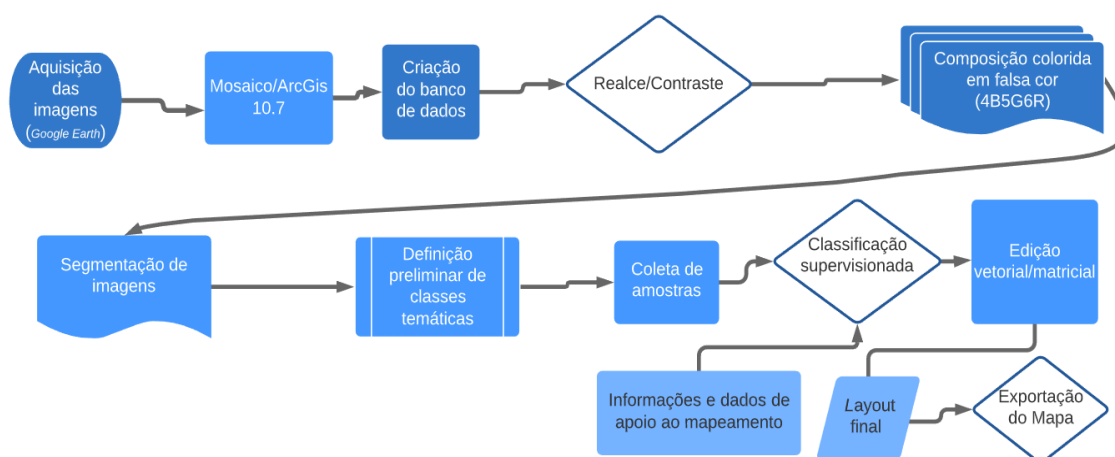


Figura 7: Fluxograma das etapas do mapeamento  
Fonte: do autor

A etapa final envolveu a edição do mapa no ArcGis com a finalidade de gerar parcelas sistematicamente em um polígono, isto é, inventariar as áreas para posterior análise sobre a valoração econômica.

## **6. RESULTADOS**

Neste capítulo serão abordados os resultados gerados neste trabalho, englobando a análise temporal e espacial das áreas atingidas pelo rejeito da barragem, os impactos socioeconômicos e socioambientais bem como as alterações nas paisagens proveniente deste rompimento que resultou em modificação no uso e cobertura da terra de toda área atingida.

### **6.1. Aspectos socioeconômicos**

Inserido na região do quadrilátero ferrífero, o território de Mariana tem como principal vocação a atividade mineraria, sendo que os royalties recebidos pela municipalidade representam sua maior arrecadação, destacando-se a extração de minério de ferro, bauxita, manganês e ouro, exercida pela mineradora Samarco (SOUZA, SOBREIRA E PRADO, 2005).

De acordo com o Censo IBGE de 2010, o povoado de Bento Rodrigues tinha 492 pessoas residentes, entre estes 241 homens e 251 mulheres. Havia 121 domicílios particulares permanentes, ou seja, domicílio construído exclusivamente com a finalidade de servir de moradia, 27 domicílios não ocupados, 15 domicílios particulares permanentes não ocupados, de uso ocupacional, e nenhum domicílio improvisado.

O rompimento da barragem do Fundão transformou o cenário socioeconômico e socioambiental dos residentes/afetados em Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo, os dois distritos pertencentes à Mariana que mais sofreram os impactos da lama de rejeitos.

O rompimento da barragem do fundão dizimou o distrito de Bento Rodrigues, o patrimônio arquitetônico, a paisagem urbana, a paisagem rural e a identidade de seus moradores. Em poucos minutos, séculos de história e o cotidiano do pacato distrito, as relações de vizinhança foram totalmente destruídas.

Como atribuir valor a essa destruição?

Uma série de variáveis socioeconômicas são identificadas e dentre as mais importantes citamos:

- i. Identificação dos impactados diretos e indiretos;
- ii. Ressarcimento e indenização dos impactados;
- iii. Proteção social;
- iv. Assistência aos animais
- v. Reconstrução das vilas;
- vi. Recuperação da vegetação ciliar e das nascentes;

Esse desastre causou a morte de 19 pessoas entre trabalhadores da Samarco e residentes do distrito de Bento Rodrigues. Na tabela 6 apresentamos a relação das vítimas dessa tragédia.

Tabela 5 - Identificação vítimas do rompimento da Barragem de Fundão

	<b>Vítima</b>	<b>Profissão</b>	<b>Idade</b>	<b>Expectativa Vida 2016 IBGE</b>
<b>1</b>	Vítima 1	Terceirizada	40 anos	36,5 anos
<b>2</b>	Vítima 2	Motorista Empresa Integral Engenharia	47 anos	32,2 anos*
<b>3</b>	Vítima 3	Terceirizada Geocontrole  Samarco	48 anos	32,2 anos*
<b>4</b>	Vítima 4		5 anos	75,5 anos
<b>5</b>	Vítima 5		7 anos	68,5 anos
<b>6</b>	Vítima 6	Operador Máquinas	de 32 anos	45,3 anos *
<b>8</b>	Vítima 7	Produquímica  Terceirizada Samarco	34 anos	40,9 anos*
<b>8</b>	Vítima 8	Samarco	34anos	40,9 anos*
<b>9</b>	Vítima 9	Manserv Terceirizada Samarco	29 anos	45,3 anos*
<b>1</b>	Vítima 10	Operador escavadeira	de 40 anos	36,5 anos

empresa terceirizada Samarco					
1	Vítima 11	Operador de máquina engenheria terceirizada Samarco	Integral	53 anos	24,1 anos*
1	Vítima 12	Sem identificação		60 anos	24 anos
1	Vítima 13	Sem identificação		64 anos	20 anos*
1	Vítima 14	Motorista caminhão-pipa engenheria terceirizada Samarco	Integral	40 anos	36,5 anos
1	Vítima 15	Mecânico industrial ManservTerceirizada Samarco		56 anos	24,1 anos*
1	Vítima 16	Sem identificação		73 anos	10,8 anos*
1	Vítima 17	Motorista caminhão-pipa engenheria terceirizada Samarco	Integral	37 anos	40,9 anos*
1	Vítima 18	Motorista caminhão-pipa engenheria terceirizada Samarco	Integral	55 anos	24,1 anos
1	Vítima 19	Funcionário Samarco		48 anos	28 anos *

Fonte: autor

\* estimado próximo

Essa tragédia provocou a morte de 19 pessoas, que conforme apresentado na tabela e levando em consideração a expectativa de vida apresentada pelo IBGE em 2016 tiveram suas vidas interrompidas sem a oportunidade de defesa, causando danos às famílias, não só pela dependência econômica, mas também conseqüências psicológicas.

As vítimas dessa tragédia tiveram suas identidades preservadas, em respeito às famílias, visto que os processos indenizatórios ainda correm na justiça.

Estimou-se o valor indenizatório mínimo por vítima levando-se em consideração a média do salário mínimo de 2016 a 2019, **tabela 7**

Tabela 6 - Valor salário mínimo

Ano	Valor Mensal R\$
2016	880,00
2017	937,00
2018	954,00
2019	998,00
Média	942,25

Fonte: Autor

A média do salário mínimo para o período é de R\$ 942,25 e a expectativa de vida das 19 vítimas é de 686,3 anos. O valor anual por vítima é de R\$ 11.307,00, totalizando R\$ 7.759.994,10. Este é valor é o mínimo, sendo que os processos indenizatórios correm na justiça e levam em consideração outros aspectos trabalhistas.

A seguir as tabelas 7,8,9 e 10 que estimam os valores de custos totais para edificações e infraestrutura para os distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo elaboradas pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE/UFRJ – a pedido da Vale do Rio Doce.



Figura 8 - Imagem residência distrito Paracatu de Baixo

Fonte: Autor (foto tirada em setembro de 2017)



Figura 9 - Imagem Escola distrito Paracatu de Baixo  
Fonte: Autor (foto tirada em setembro de 2017)

A COPPE/UFRJ utilizou como metodologia para estimativa de custos das construções perdidas, parâmetros baseados em custo por unidades de medida padronizadas por fonte públicas e/ou privadas especializadas de acordo com o tipo de construção a ser analisado.



Tabela 7 - Estimativas de custos totais de edificações Paracatu de Baixo

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Estimado (R\$)</b>
<b>Comerciais</b>	01	276.297,60
<b>Escolar</b>	02	2.275.032,83
<b>Indeterminado</b>	08	1.666.456,19
<b>Quadra Poliesportiva</b>	01	1.394.055,65
<b>Residenciais</b>	139	19.934.921,70
<b>Reunião de Público (Igrejas)</b>	01	394.295,03
<b>Total</b>	<b>152</b>	<b>25.941.059,21</b>

Fonte: COPPE/UFRJ 2017

Tabela 8 - Estimativas de custos totais de infraestrutura em Paracatu de Baixo

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Estimado (R\$)</b>
<b>Campo de Futebol</b>	01	16.950,00
<b>Pontes</b>	01	742.500,00
<b>Rede de Distribuição de Água</b>	01	378.400,00
<b>Rede de Drenagem de Esgoto</b>	01	722.200,00
<b>Rede de Energia Elétrica e Iluminação Pública</b>	01	613.800,00
<b>Vias</b>	13	11.963.095,58
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>14.486.945,58</b>

Fonte: COPPE/UFRJ 2017

Tabela 9 - Estimativas de custos totais de edificações Bento Rodrigues

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Estimado (R\$)</b>
<b>Escolar</b>	01	2.946.489,22
<b>Indeterminado</b>	21	438.345,18
<b>Residenciais</b>	182	48.124.713,32
<b>Reunião de Público (Igrejas)</b>	01	631.861,91
<b>Total</b>	205	52.141.409,63

Fonte: COPPE/UFRJ 2017

Tabela 10 - Estimativas de custos totais de infraestrutura em Bento Rodrigues

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Estimado (R\$)</b>
<b>Pontes</b>	03	1.273.500,00
<b>Praça Pública</b>	01	18.168,40
<b>Rede de Distribuição de Água</b>	01	309.600,00
<b>Rede de Drenagem de Esgoto</b>	01	631.800,00
<b>Rede de Energia Elétrica e Iluminação Pública</b>	01	502.200,00
<b>Vias</b>	19	7.396.455,68
<b>Total</b>	26	10.131.724,08

Fonte: COPPE/UFRJ 2017

Dentre os aspectos socioeconômicos destacamos os danos as propriedades rurais, o comprometimento da atividade agrícola, os danos a infraestruturas públicas e privadas, os danos as residências, comércio e outros.

O povoado rural de Paracatu de Baixo, não corresponde sozinho a um setor censitário, estando, porém, inserido em um dos três setores censitários do distrito de Monsenhor Horta que tinha um total populacional de 1.740 habitantes. O setor censitário onde se encontra Paracatu de Baixo (nº 314000135000002) é o mais extenso em área e totalizava uma população de 421 habitantes, em 2010. Paracatu de Baixo, porém, aparenta ser o maior aglomerado populacional dentro deste setor censitário. (IBGE, 2010 apud POEMAS, 2015, p.65).



Figura 10 - Capela Santo Antônio – Distrito Paracatu de Baixo  
Fonte: Autor



Figura 11 - Imagem das residências distrito Paracatu de Baixo  
Fonte: Autor (foto tirada em setembro de 2017)

Um aspecto fundamental na recuperação de áreas degradadas pela mineração é o conhecimento do solo onde essa recuperação será realizada. Os procedimentos específicos na recuperação dessas áreas dependem essencialmente das propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo que deverá ter condições para o adequado desenvolvimento das plantas (FONTES, 1991).

Nas áreas degradadas nota-se uma matriz mineral de pouca ou nenhuma matéria orgânica, com pouca quantidade de nutrientes para as plantas. A falta de nutrientes constitui-se em um dos principais problemas para a recuperação dessas áreas.

O trabalho de mapeamento possibilitou a identificação dos principais usos da terra que foram afetados pelo rompimento da barragem de Fundão. Na área proposta para o estudo foram identificados os seguintes usos: agricultura, área urbana, floresta densa, herbáceo arbustivo, hidrografia, pastagem, reflorestamento e solo exposto. **(tabela 13)**

Tabela 11 - Usos área degradada

<b>Classes (ha)</b>	<b>Mapa A</b>	<b>Mapa B</b>	<b>Mapa C</b>	<b>Mapa D</b>	<b>Mapa E</b>	<b>Total (ha)</b>
<b>Floresta Densa</b>	224,70	72,50	93,10	59,70	46,80	496,80
<b>Área Urbana</b>	9,40	0,70	0,30	1,20	8,00	19,60
<b>Solo Exposto</b>	8,50	6,70	23,00	5,80	8,20	52,20
<b>Herbáceo Arbustiva</b>	24,80	3,00	16,60	21,80	50,50	116,70
<b>Pastagem</b>	13,60	-	-	1,50	2,90	18,00
<b>Agricultura</b>	-	-	0,14	0,11	0,95	1,20
<b>Reflorestamento</b>	-	-	-	7,60	-	7,60

Fonte: Autor

Segundo Motta (1998), primeiro devemos perceber que o valor econômico dos recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos e, segundo, que estes atributos podem estar ou não associados a um uso. Ou seja, o consumo de um recurso ambiental se realiza via uso ou não-uso.

Os usos identificados neste trabalho são enquadrados segundo a taxonomia geral de Valor econômico do Recurso Ambiental em valores de uso direto e em valores de uso indireto. Na categoria de valor de uso direto, essas classes são fornecedoras de alimentos, nutrientes, turismo e etc. Em relação aos valores indiretos, essas classes estão associadas ao bem-estar humano, proteção dos corpos d'água, controle da erosão, provimento de oxigênio e recursos genéticos.

Um dos principais componentes das paisagens terrestre estão relacionadas as mudanças no uso e cobertura da terra (UCT), estas são responsáveis por realizar alterações diretas na composição do habitat, da biodiversidade e funcionamento do ecossistema. E seus impactos geram consequências que afetam diretamente alguns processos, como os de degradação do solo e da biodiversidade, modificando as condições ambientais (GARCÍA-MOZO et al., 2016). Para uma melhor visualização de cada classe, optou-se por dividir a área de estudo em cinco partes, conforme as Figuras 12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5.

De acordo com a ONG Ambientalista Conservação Internacional (CI) o custo para reflorestar um hectare é de R\$20.000,00. Tomando-se por parâmetro esse valor e considerando a área referente aos usos floresta densa, herbáceo arbustiva e reflorestamento temos o total de 621,10 ha afetados, totalizando um custo mínimo de R\$ 12.422.000,00 para recuperação.

Em relação ao uso “área urbana” tomamos por valores de recuperação os custos estimados pela COPPE/UFRJ apresentados nas tabelas 7, 8, 9 e 10, totalizando um custo mínimo de recuperação de infraestrutura e edificações de R\$ 102.701.138, 50.

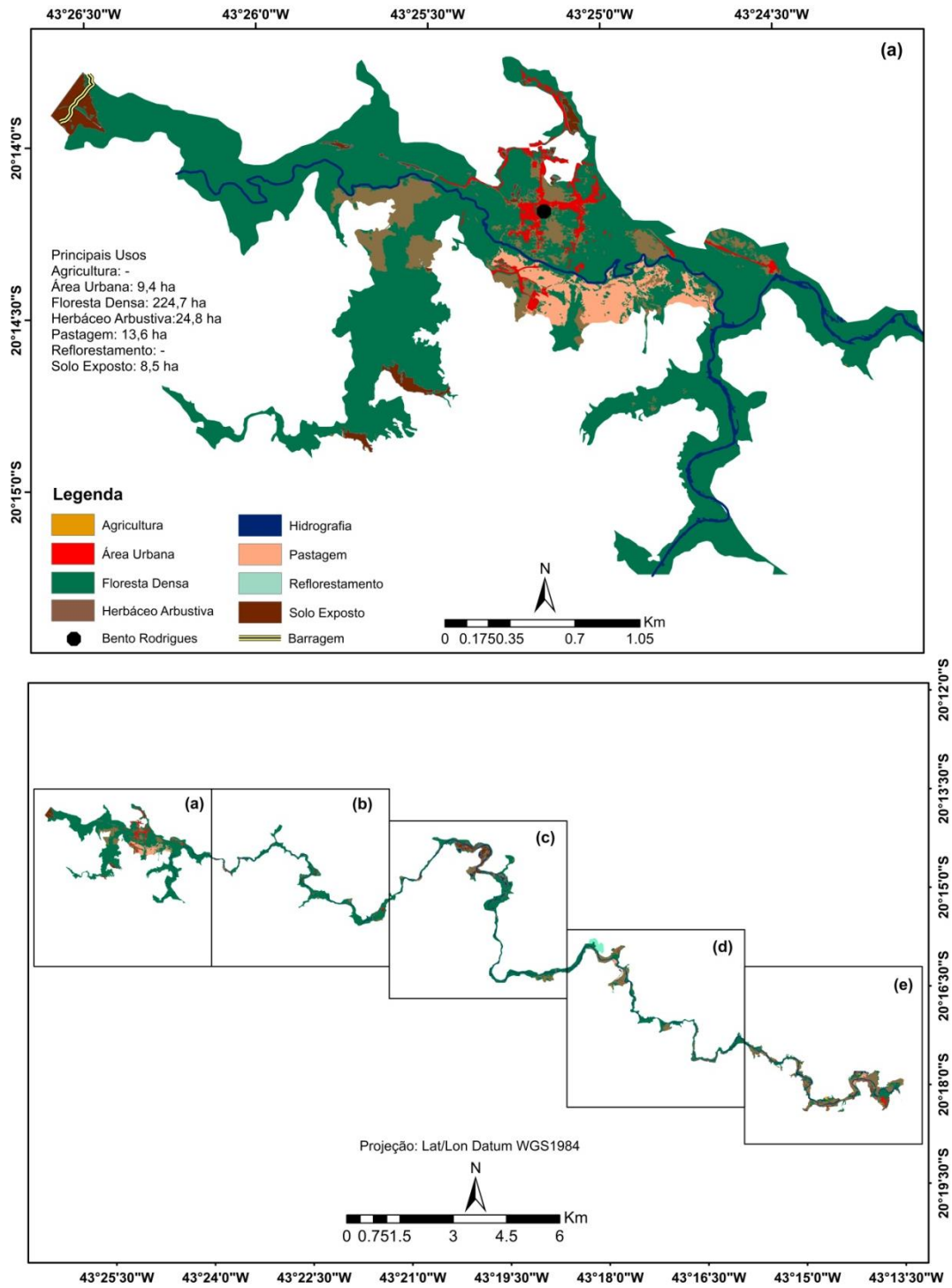


Figura 12.1 - Área afetada pelo rompimento da barragem do Fundão (a).

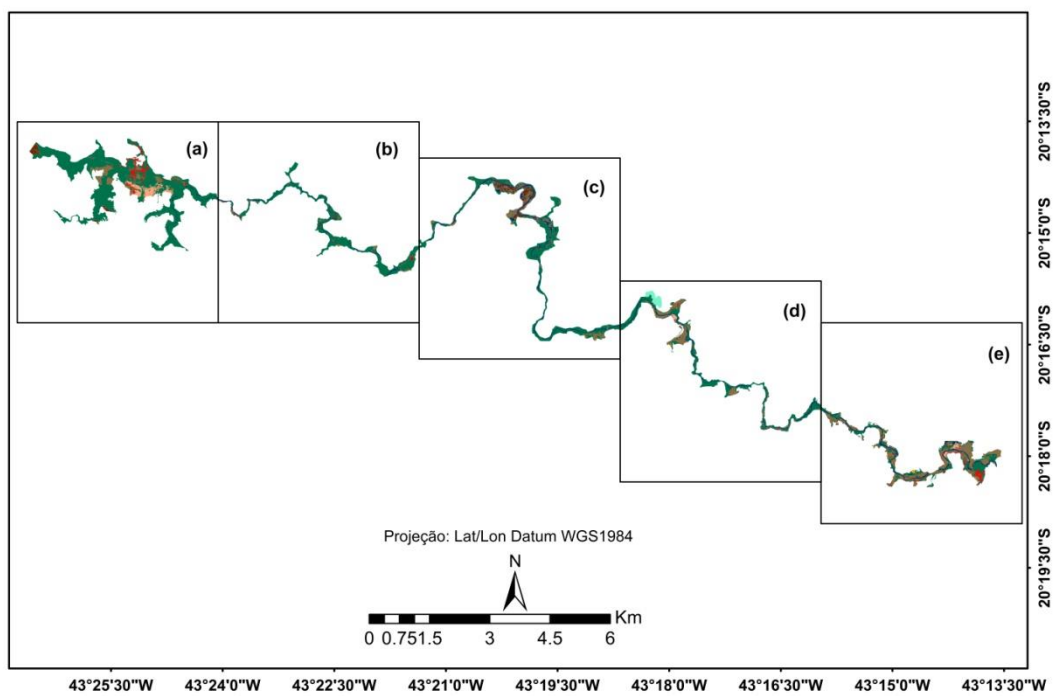
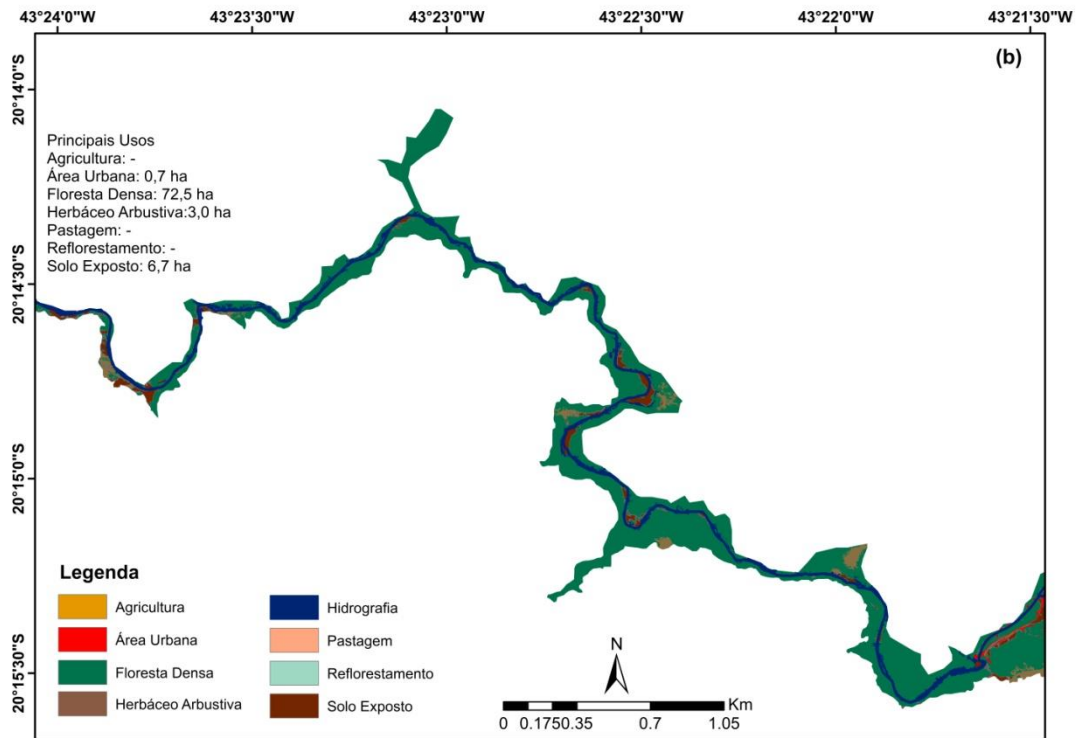


Figura 12.2 - Área afetada pelo rompimento da barragem do Fundão (b)

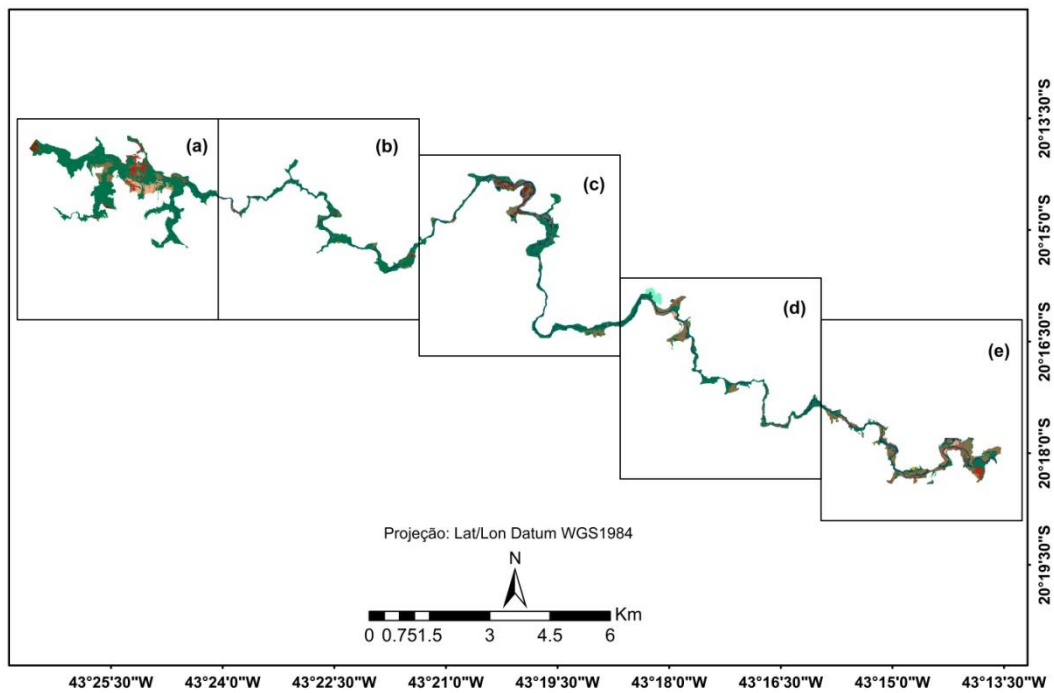
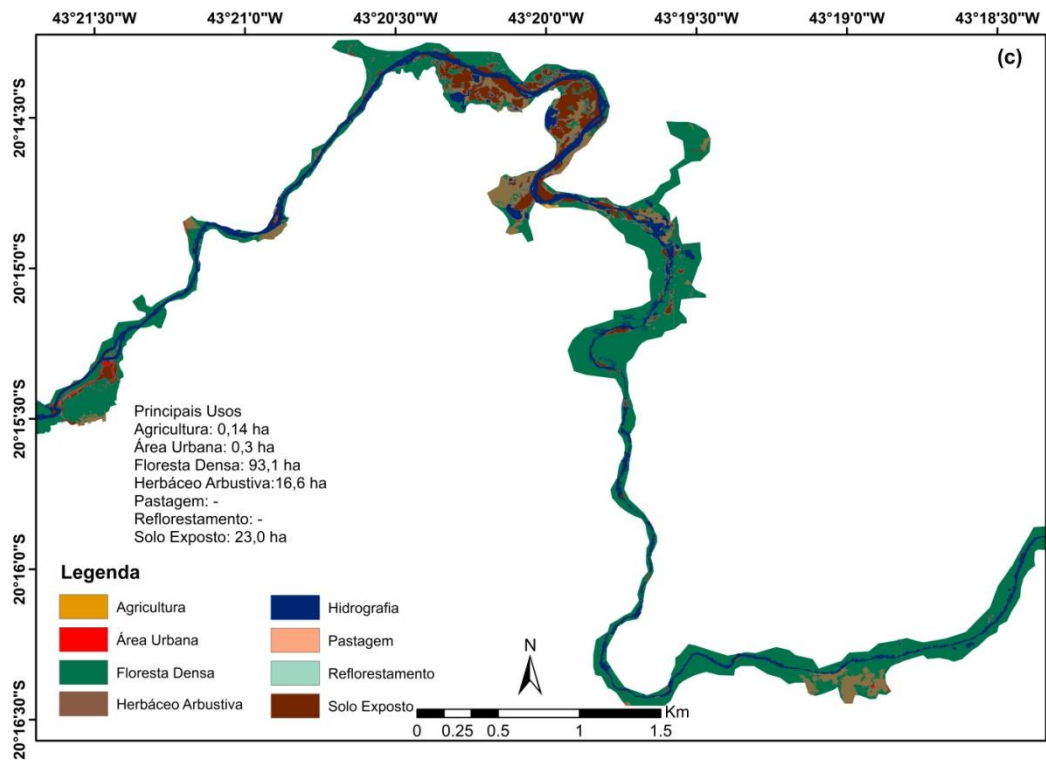


Figura 12.3 - Área afetada pelo rompimento da barragem do Fundão (c)



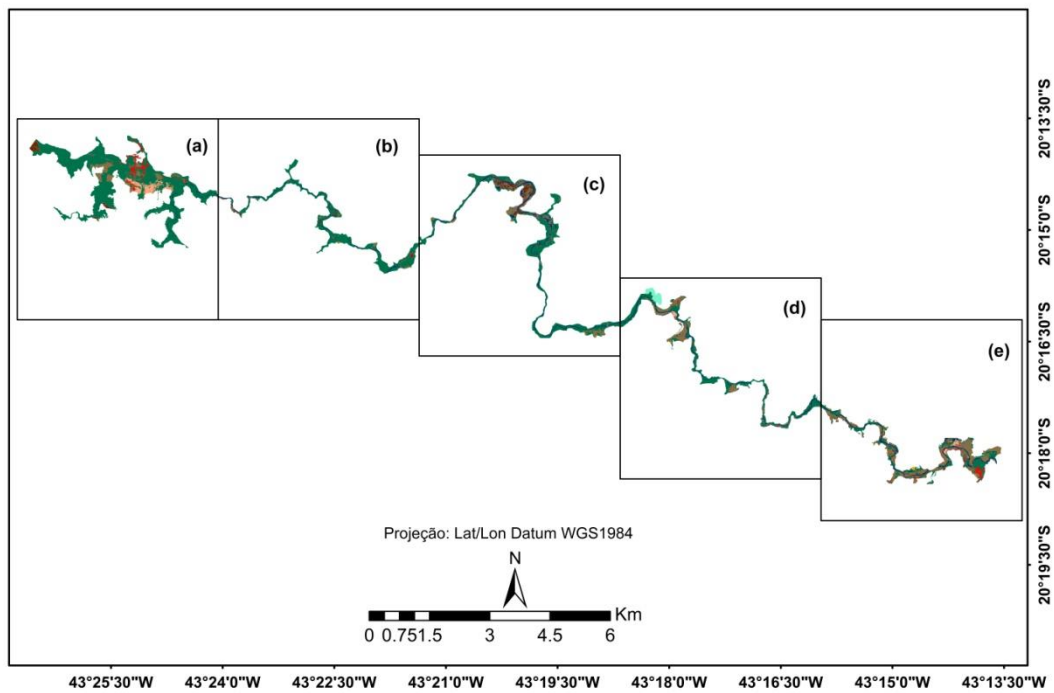
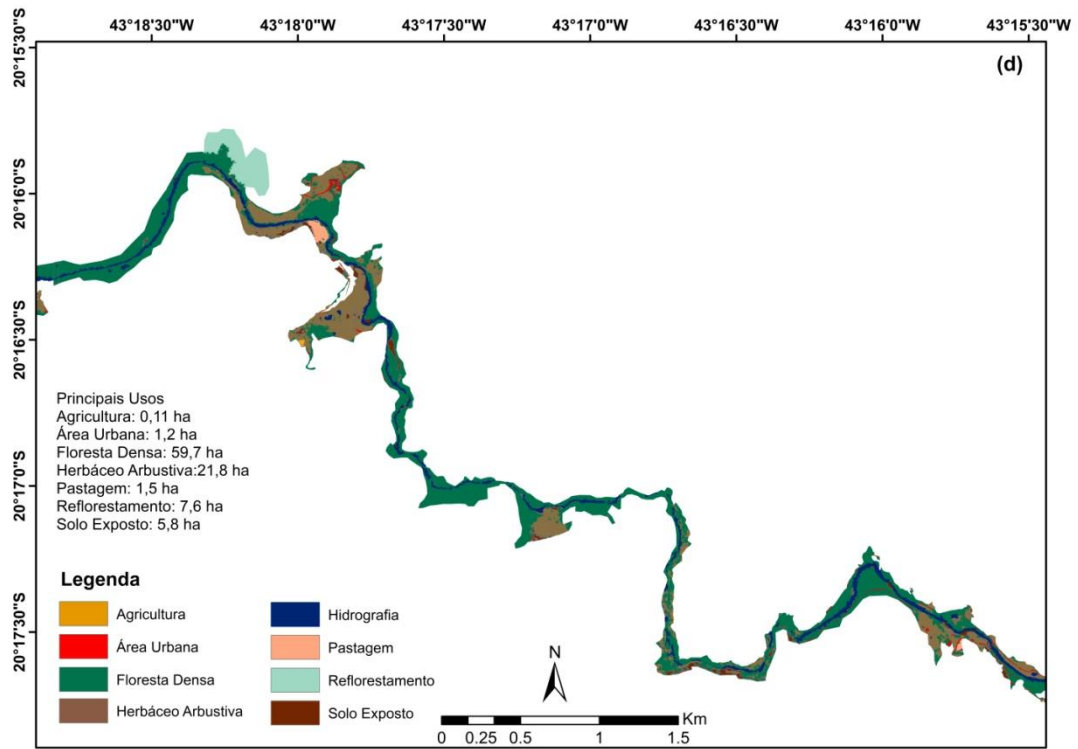


Figura 12.4 - Área afetada pelo rompimento da barragem do Fundão (D)

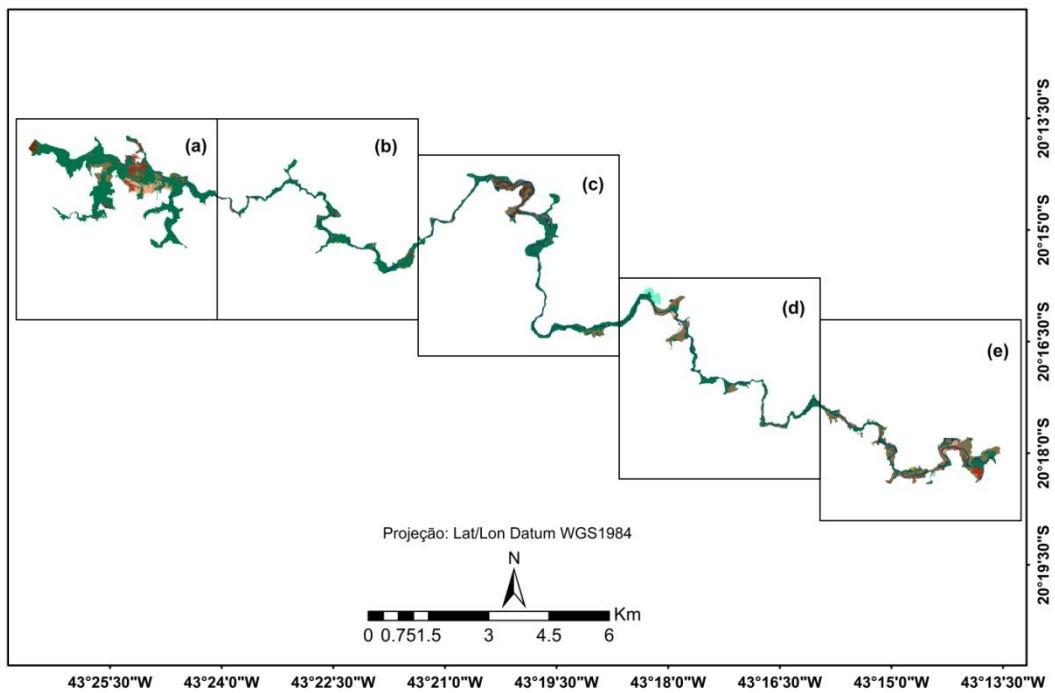
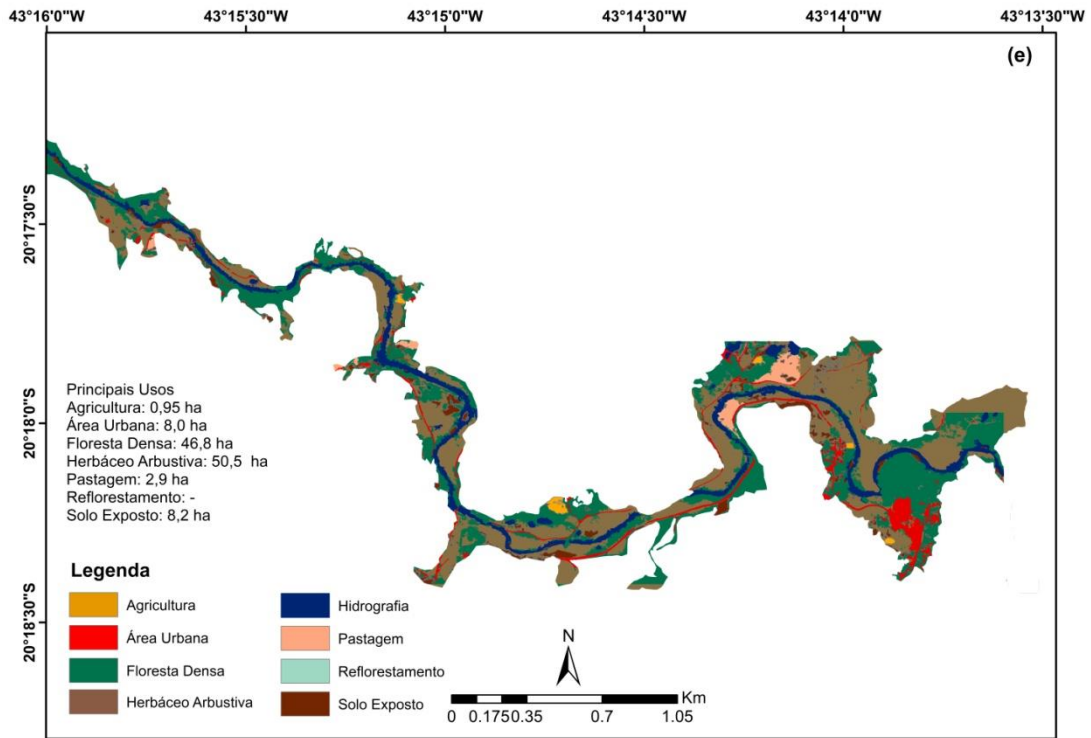


Figura 12.5 - Área afetada pelo rompimento da barragem do Fundão (e)

De acordo com a ONG Ambientalista Conservação Internacional (CI) o custo para reflorestar um hectare é de R\$20.000,00. Tomando-se por parâmetro esse valor e considerando a área referente aos usos floresta densa, herbáceo arbustiva e reflorestamento temos o total de 621,10 ha afetados, totalizando um custo mínimo de R\$ 12.422.000,00 para recuperação.

Em relação ao uso “área urbana” tomamos por valores de recuperação os custos estimados pela COPPE/UFRJ apresentados nas tabelas 7, 8, 9 e 10, totalizando um custo mínimo de recuperação de infraestrutura e edificações de R\$ 102.701.138, 50.

Em relação ao uso “pastagem” que totalizou 18 ha, usaremos como valor mínimo a média dos valores de Terra Nua (VTN) de 2016 a 2019 calculados pela EMATER – MG conforme **tabela 12**.

A média para pastagem plantada é de R\$ 11.181,00, totalizando então R\$ 201.258,00.

Tabela 12 – Valores da Terra Nua

Valores médio (R\$/ha.)	Lavoura Aptidão boa	Lavoura Aptidão regular	Lavoura Aptidão restrita	Pastagem plantada	Silvicultura com pastagem natural	Penetração da Flora ou flora
<b>2016</b>	13.200,00	11.000,00	8.800,00	11.000,00	9.900,00	5.500,00
<b>2015</b>	12.000,00	1.000,00	8.000,00	1.000,00	9.000,00	5.000,00
<b>2017</b>	13.200,00	11.000,00	8.800,00	11.000,00	9.900,00	5.500,00
<b>2018</b>	13.227,00	11.172,00	8.820,00	11.172,00	9.920,00	8.000,00
<b>2019</b>	13.676,00	11.552,00	9.120,00	11.552,00	10.257,00	8.272,00

**Os Valores da Terra Nua (VTN) variam em decorrência de diversos fatores, tais como: localização do imóvel, variedade de acesso, tamanho da propriedade, topografia, fertilidade, disponibilidade de água, pedregosidade, aptidão agrícola, outros usos alternativos, mercado imobiliário, etc.**

Fonte: EMATER/MG.

Em relação ao uso “agricultura” será utilizado o custo total apresentado na tabela 13 calculado pela SEDRU/MG disponível no relatório da força tarefa de Minas Gerais, ou seja, R\$ 878.340,00.

Além disso, os demais custos calculados para pecuária, comércio e serviços são relevantes para a estrutura do trabalho, visto que os distritos atingidos não possuem vocação industrial. Seus moradores em sua maioria enquadram-se no seguimento de agricultura familiar. Segundo dados do

Ministério de Desenvolvimento Agrário em 2015, Mariana contava com 207 estabelecimentos cadastrados como AF.

Minas Gerais é o segundo estado brasileiro que possui o maior número de estabelecimentos rurais enquadrados como familiares, totalizando 437.415 propriedades, responsáveis por 32% da produção de café, 49% de feijão, 32% de arroz, 44% de milho e 83% de toda a produção de mandioca do país (MINAS GERAIS, 2014).

Os agricultores familiares em situação de pobreza possuem renda familiar bruta anual de até R\$ 20.000,00, conforme as normas do Plano Safra 2013/2014, sendo caracterizados pela vulnerabilidade econômica, e dependência de auxílios e/ou subsídios governamentais para se desenvolverem (BRASIL, 2013).

Tabela 13: Prejuízos Econômicos Privados mensurados pela SEDRU/MG (R\$)

	<b>Agricultura</b>	<b>Pecuária</b>	<b>Indústria</b>	<b>Comércio</b>	<b>Serviços</b>	<b>Total</b>
<b>Mariana</b>	878.340	6.273.210	-	500.000	400.000	18.051.550
<b>Barra Longa</b>	743.882	14.567.88	-	1.000.000	500.000	16.811.763
<b>Rio Doce</b>	256.000					12.503.704
<b>S. C. do Escavado</b>	100.000	110.000	-	479.418	-	689.418
<b>Total</b>	1.978.222	21.365.091	11.539.79	2.079.418	1.094.000	38.056.436

Fonte: Relatório Força Tarefa de Minas Gerais

Estes dados referem-se a perdas diretas de lavoura, infraestrutura, maquinários além de prejuízos sobre a receita tributária. Soma-se a essas perdas o aumento da demanda pelos serviços públicos (assistência social, saúde, segurança), impactos na infraestrutura privada e pública.

Considerando-se as variáveis identificadas, chegamos ao valor mínimo de R\$ 123.962.730,60 para início da reparação aos danos causados. Faz-se necessário o complemento desse levantamento, visto que muitas das variáveis não foram passíveis de quantificação.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rompimento da Barragem de Fundão provocou profundas alterações no ambiente e nas relações das pessoas nas cidades afetadas. A análise fundamentada e imparcial do modo de gestão aplicados a mineração no Brasil apresenta falhas de fiscalização, concessão de licenças ambientais e de gestão de riscos.

A dependência da mineração é visível e a falta de diversificação econômica dos municípios, sem a adoção de políticas consistentes de renda e desenvolvimento social faz com que as cidades não tenham alternativas no curto prazo de superarem eventos como o ocorrido na Barragem de Fundão.

As consequências dessa tragédia socioambiental e socioeconômica serão sentidas ainda por muito tempo, exemplo disso é que passados quatro anos do rompimento da barragem, várias ações ainda não contemplaram os moradores/afetados. As medidas emergenciais e as de curto prazo tem sido alvo de críticas por não contemplarem e não repararem em sua totalidade os danos causados.

As comunidades ainda não foram reconstruídas, atrasos nos licenciamentos e uma falta de ações propositivas só aumentam a angústia dos afetados.

É preciso um esforço das autoridades e do meio acadêmico nacional no sentido de realizar um trabalho minucioso sobre as barragens no país, principalmente em Minas Gerais, visto que as últimas duas grandes tragédias aconteceram no estado.

As condições de vida pós desastre podem ser percebidas de forma diversa. Quanto mais próximo da barragem, maiores são as perdas. Os distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo foram dizimados pela lama da Samarco. Os modos de vida pacato de seus moradores, as conversas ao fim de tarde, as relações afetivas com vizinhos e com a comunidade foram carregadas junto ao mar de lama.

Este trabalho não esgota as possibilidades de levantamentos de mapeamento e quantificação, nosso desejo maior é que sirva de incentivo para que outros pesquisadores possam debruçar-se nesse momento em que essas tragédias tomam o cenário na busca de meios para recuperação das áreas afetadas e mitigar os danos causados às comunidades e a sociedade no geral.

O tempo para o ressarcimento, reparos aos afetados não tem a mesma velocidade e potência do tempo de destruição. O desafio presente diante desse evento é não deixar cair no esquecimento e também não tornar desastres como esse em casos naturais, que repercutem em um primeiro momento, mas logo são esquecidos pela maioria, ficando apenas o desalento aos afetados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTVATER, E. o preço da riqueza. São Paulo: UNESP, 1995.

ARRUDA, A.T. Mineração e meio ambiente: aspectos técnicos e legais. In. DNPM/MME. Coletâneas de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração. Brasília: Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro. 1985. p.13-22,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14653-6. Avaliação de bens – Parte 6: Recursos naturais e ambientais. Rio de Janeiro: **ABNT**, 2009.

BATEMAN, I.; TURNER, K. Valuation of the environment, methods and techniques: the contingent valuation Method. In: **Turner, R. K.**, ed. Sustainable environmental economics and management. Principle and practice. London and New York: Belhaven, 1992. Cap.5 p. 120-179.

BITAR, O. Y. Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo. 1997. 185f. **Tese (Doutorado)**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1997.

BRASIL.Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília: **MDA**, 2013. Disponível em: <[www.mda.gov.br](http://www.mda.gov.br)>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

BRASIL. 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](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf). Acesso em: 07 de março 2018.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Comissão Externa do Rompimento de Barragens da Região de Mariana/MG (**CEXBARRA**): Relatório Final. Brasília, DF, 2016.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Relatório Final Da Comissão Externa Do Rompimento De Barragem Na Região De Mariana (**RFCEXBARRA**). Brasília: Câmara dos Deputados, 2016.

CAMPOS, E.M.G., 2000, Avaliação econômica da erosão e conservação do solo agrícola: metodologia e aplicação no município de Lagoa Dourada (MG). **Tese de doutorado**, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

CETEM, 2010. <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/769/1/CCL00410010.pdf> **CONAMA**. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Agenda 21. RJ, Centro de Informações das Nações Unidas, 1992.

CONSTANZA, R., d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. Oneill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, & M. van den Belt. The Value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** 387: p. 253-260, 1997.

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

EMATER. Valores terra nua. Minas Gerais, 2019. Disponível em [http://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite\\_pagina\\_interna&id=19167](http://www.emater.mg.gov.br/portal.do?flagweb=novosite_pagina_interna&id=19167). Acesso em 10 de agosto de 2019.

ESPÓSITO, T. J. Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico. 2000. 363 f. **Tese (Doutorado em Geotecnia)** –Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2000.

Gestão Ambiental. Desempenho de empresas líderes por setor. São Paulo. 1996. 5p. nº 03.

FEAM. Inventário de barragem do estado de Minas Gerais. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: **FEAM**, 2014.

FERNADEZ, F. A. dos S. O poema imperfeito: crônicas de Biologia, conservação da natureza, e seus heróis. 2. ed. Curitiba: UFPR, 2004.

FONTES, M.P.F. Estudo pedológico reduz impacto da mineração. Revista Cetesb de Tecnologia e Ambiente, v.5, p. 58-61, 1991

GARCÍA-MOZO, Herminia; OTEROS, Jose Antonio; GALÁN, Carmen. Impact of land cover changes and climate on the main airborne pollen types in Southern Spain. **Science Of The Total Environment**, [s.l.], v. 548-549, p.221-228, 2016. Elsevier BV. Disponível em Acesso em: 25 de Agosto de 2018.

Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração/Instituto Brasileiro de Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. Brasília: **IBRAM**, 2016.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed., São Paulo: **Atlas**, 1999. <http://www.codigoflorestal.com/2015/10/quanto-custa-reflorestar-um-hectare.html>. acesso em 02 de dezembro de 2019.

MAIA, A.G., A.R. Romeiro, & Reydon, B. P. Valoração de recursos ambientais: metodologias e recomendações. **Texto para discussão**. IE/UNICAMP nº 116, 2004.

MARQUES, J.F.;COMUNE,A. Quanto vale o ambiente: interpretações sobre o valor econômico ambiental In: **ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA**, 23., Salvador, BA, 12 a 15 de dezembro de 1995, Anais... p.633-651.

MAY, P. H. **Economia Ecológica: aplicações no Brasil**. Editora Campus. Rio de Janeiro. 1995.



MAY, P.; MOTTA, R. **Valorando a Natureza: Análise Econômica para o Desenvolvimento Sustentável**. Editora Campus. Rio de Janeiro, 1994.

MELLO, Flavio Miguez; PIASENTIN, Corrado. A história das barragens no Brasil. Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 524p.

MINAS GERAIS. Perfil da Agricultura Familiar de Minas Gerais. **Governo do Estado de Minas Gerais e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais**: 2014.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS. Caso Samarco: **Relatório de Atividades da Força Tarefa do MPMG**. Belo Horizonte, MG, fevereiro 2016.

MOTTA, R.S.da. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Amazônia Legal, 1998.

MOTTA, R.S.; YOUNG, C.E.F. Measuringsustainable income from mineral extraction in Brazil. **Resources Policy**, V.21, 1995.

MOURA, L. Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. **Recursos Hídricos e da Amazônia Legal**. 218p, 2000.

NOGUEIRA, J. M.; M. A. A.; F. S.T. Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, V.17, n.2, p-81-115, mai/ago.2000.

OLIVEIRA JR.J.B. Recuperação de áreas degradadas pela mineração. Apostila do Curso Recuperação de áreas degradadas pela mineração. **I Congresso Nacional de Meio Ambiente na Bahia**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Outubro 1998.

OREA, D.G. **Evaluación de Impacto Ambiental**. Madrid: MP, 2002.

PEARCE.D.;TURNER,R.Economics of Natural Resources and the Enviroment. Harviester Wcatsheag. **Baltimore: The Johns Hopkins University**.1990.

PELOGGIA, A. U.G.; OLIVEIRA, A.M. S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. I Encontro de Tecnólogos. ABEQUA, 2005. Disponível em [http://www.abequa.org.br/mostra\\_sessao.php?pageNum\\_editoria=2&sessao=27](http://www.abequa.org.br/mostra_sessao.php?pageNum_editoria=2&sessao=27). Acesso em: 18 de novembro de 2019.

PEREZ FILHO, A.;QUARESMA, C.C. Ação Antrópica Sobre As Escalas Temporais dos Fenômenos Geomorfológicos. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, nº 3, p.83-90, 2011.

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. Disponível em: <HTTP://www.ufjf.br/poemas/files/2014/PoEmas-2015-Antes-fosse-mais-leve-a-carga-vers%C3%A3o-final.pdf>. Acesso em: 25 de agosto 2017.

REDONDO.O. Entre la Economía y la Naturaleza. La Controversia sobre la Valoración Monetaria del Medio Ambiente y la Sustentabilidade del Sistema Económico.**Ensayos y artículos**. 1ª Ed. Los Libros de la Catarata. Madrid. 1999.

REIS, A. da M. et. al. A Água no Transporte e no Beneficiamento de Minério – Estudo de Caso Mineração em Mariana – Samarco Mineração S/A. In: **IBRAM/ANA**. A Gestão dos Recursos Hídricos e a Mineração. Brasília, 2006, p. 157 – 173.

SÁ, J.D. M. de. S. Serviços ambientais: Utilização de Instrumentos Econômicos para a Conservação e Prestação Ambiental. In: Encontro Nacional do COMPEDI,20. Belo Horizonte, 2011. **Anais...** Belo Horizonte, 2011 p. 4389-4406

SAMARCO. Processo Produtivo. Disponível em: <http://relatoweb.com.br/samarco/www/pt/quarta-pelotizacao.html>. Acesso em: 30 de Agosto de 2017.

SCHWEITZER, J. Economics, Conservation and Development: A Perspective from USAID. In: Vicent, J.; Crawford, E.; Hoehn, J.; Ed. Valuing Environmental Benefits in Developing Countries: Proceedings. **East Lansing: Michigan StateUniversity**.1990

UOL Notícias. Mortes, danos ambientais e sequelas marcam tragédias com barragens no país. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/11/06/mortes-danos-ambientais-e-sequelas-marcam-tragedias-com-barragens-no-pais.htm>. Acesso em 10 dez. 2015