

**A tragédia de Mariana/MG e a valoração dos serviços ecossistêmicos da área atingida: método Costanza, et al (1997)**

**TIAGO SOARES BARCELOS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

**PEDRO LUÍZ TEIXEIRA CAMARGO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (UFOP)

**CAIO PEIXOTO CHAIN**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO (UFRRJ)

**LOYSLENE DE FREITAS MOTA**

FACULDADE METROPOLITANA DE MARABÁ (METROPOLITANA)

Agradecimento à orgão de fomento:

Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Gestão Ambiental - NESGA DINTER (UNIFESSPA/USP)

# A TRAGÉDIA DE MARIANA/MG E A VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA ÁREA ATINGIDA: MÉTODO COSTANZA, *ET AL* (1997;2014)

## 1. INTRODUÇÃO

Desde 05 de novembro de 2015 a cidade mineira de Mariana nunca mais foi a mesma. Nesta data, uma das mineradoras sediadas no município, a Samarco (Grupo Samarco/Vale/BHP Billiton), teve duas de suas barragens de rejeitos rompidas (Fundão e Santarém), levando ao vazamento, segundo algumas estimativas, entre 55 e 80 milhões de metros cúbicos (EMBRAPA, 2016; O GLOBO, 2016; TROCATE, & ZONTA, 2016). Este valor disperso faz com que este seja considerado o maior acidente minerário relacionado a esta temática do mundo, estando à frente da tragédia ocorrida em 2014, no Canadá, onde o rompimento da barragem de rejeitos de uma mina de cobre e ouro em Mount Polley liberou 25 milhões de metros cúbicos de lama (KINROSS WORLD, 2014).

O acidente tema deste trabalho afetou mais de 660 km de corpos hídricos, com destaque para os rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, adentrando ainda mais de 80 km<sup>2</sup> no Oceano Atlântico. O fato de agentes econômicos estarem expostos a impactos sociais e ambientais os quais não escolherem caracteriza o conceito de “externalidade” e o uso da terra (infraestrutura) está entre as principais preocupações devido aos seus efeitos negativos no meio ambiente (DEMIR *et al.*, 2017). Destarte, toda essa externalidade negativa recaiu em especial para as populações de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Barra Longa, principais localidades atingidas, “que viraram, da noite para o dia, uma extensão do complexo minerador de Mariana” (TROCATE & ZONTA 2016:7). O impacto das externalidades

Segundo estimativas do Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2015), 1.430 hectares de cobertura vegetal foram atingidas pela lama das barragens de Fundão e Santarém, abrangendo principalmente os municípios de Mariana, Barra Longa, Santa Cruz do Escalvado e Rio Doce, além de outros locais, mas com destaque para a calha do Rio Doce e sua vegetação ciliar, totalmente destruída. Estes territórios em questão não apresentam mais condições para desenvolvimento de atividades econômicas, como a agropecuária, devido a infertilidade do solo que demorará anos para se regenerar (EMBRAPA, 2016).

Esta não é a primeira barragem de rejeitos a se romper no país, sendo, portanto, indicado como alternativa a estes incidentes, uma maior fiscalização ambiental para garantir o monitoramento constante destes empreendimentos. Dessa forma, tal medida, relativamente simples inclusive, se faz necessário a fim de mitigar e até mesmo evitar novas tragédias. Desastres como o de Mariana, decorrem da irreversibilidade de limites, que conforme Romero (2010:9), advém “da segunda lei da termodinâmica (lei da entropia) em contraposição à primeira (sobre a transformação da matéria), na qual essa ideia não faz sentido e sobre a qual se baseia implicitamente a teoria econômica convencional”.

Uma vez que Minas Gerais já teve seis barragens rompidas desde 1986 (O TEMPO, 2015), pode-se perceber a lei da entropia em ação. Para complementar, Cechin & Veiga (2010:43) quando tratam desta lei, consideram que “a quantidade de matéria e energia incorporado aos bens finais é menor do que aquela contida nos recursos utilizados em sua produção”. Assim sendo, parte da energia e do material de baixa entropia se transforma imediatamente em resíduos, que nesse caso é caracterizado pela lama de rejeitos.

Sob esta ótica, e tendo em vista o fato de que no Brasil, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2015) possui 14.966 barragens sendo 663 para rejeitos de mineração e 295 de resíduos industriais; mas somente 402 destas apresentavam alguma inspeção regular é que se fazem fundamentais estudos como este. Assim, o objetivo geral da presente pesquisa é mensurar monetariamente o impacto ambiental ocorrido na chamada “tragédia de Mariana”, pois a compreensão, também financeira, do tamanho do desastre ocorrido é fundamental para que novos “rios de lama” não mais aconteçam.

Diante destas perspectivas e problemáticas chegamos a questão problema do presente trabalho: qual o valor monetário total dos serviços ecossistêmicos afetados pelo rompimento das barragens de rejeitos da mineradora Samarco?

Vale ressaltar que para:

*A economia ecológica leva em conta todos os custos (não apenas os monetários) do crescimento da produção material. É inteiramente cética sobre a possibilidade de crescimento por tempo indeterminado, e mais ainda quanto à ilusão de que o crescimento possa ser a solução para os problemas ecológicos. (CECHIN & VEIGA, 2010:45)*

## **2. CONTEXTO INVESTIGADO**

Para definir a área de estudo foram analisados os documentos de três órgãos, sendo IEF (2015), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2015) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2016). O IEF calculou a área de duas formas, sendo um referente a cena principal, que parte do Rio Gualaxo do Norte em direção ao Rio do Carmo, com uma área estimada em 560,35 ha, sendo 384,71 de Mata Atlântica. Após essa primeira estimativa, analisaram-se as áreas adjacentes subsequentes a cena principal, indo do Rio Gualaxo do Norte até a foz do Rio Doce, estimando mais 1.026,54 ha de cobertura vegetal atingida, totalizando assim 1.585 hectares (EMBRAPA, 2016).

Conforme a nota técnica do IBAMA (2015) as barragens causaram uma destruição de 1.469 hectares ao longo de 77 km de cursos d’água, sendo que muitas eram áreas de proteção permanente (IBAMA, 2015). Por fim, a Embrapa (2016) estimou em 1.430 hectares de área atingida, sendo importante ressaltar que boa parte dos danos recaiu sob atividades rurais. Optou-se então por utilizar a estimativa da Embrapa (2016), dado que possui o menor valor territorial, tornando a valoração presente neste estudo a mais conservadora possível.

No levantamento técnico da Embrapa (2016), observou-se que os dados analisados seguiram três tipologias de problema: ambiental, material e humano. Cada um destes tipos criou subcategorias de análises, sendo que no tocante a questão ambiental considerou-se: danos na qualidade e disponibilidade da água, prejuízos na qualidade e disponibilidade do solo, perdas na biodiversidade. No caso das mensurações dos estragos materiais, o referido estudo analisou duas subcategorias: economia regional e infraestrutura. Por fim, quando se pensa nos fatores humanos, constituíram-se as seguintes subcategorias: efeitos sobre a saúde pública e as questões fundamentais de segurança das pessoas, danos sobre os elementos simbólicos e o acesso à educação da população atingida e os impactos sobre as formas de organização social da população envolvida (EMBRAPA, 2016). A extensão dos danos pode ser observada na Figura 1, que foi a referência para as análises da força tarefa da Embrapa.



ecossistêmicos, sendo eles: regulação; provisão; produção e informação. No método de Costanza, *et al* (1997) foram considerados onze biomas (Tabela 1) e dezessete serviços ecossistêmicos (Tabela 2).

**Tabela 1.** Principais biomas ecossistêmicos do planeta

<b>1. Marinho</b>	1.1 Oceano Aberto	
	1.2 Costa	1.2.1 Estuário
		1.2.2 Alga marinha/ Camas de alga
		1.2.3 Recife de coral
		1.2.4 Cinturão
<b>2. Terrestre</b>	2.1 Florestas	2.1.1 Tropical
		2.1.2 Temperada
	2.2 Grama e Pastagem	
	2.3 Pantanal	2.3.1 Tidal mash/mangue
		2.3.2 Pantano florestal
	2.4 Lagos e rios	
	2.5 Deserto	
	2.6 Urbano	
	2.7 Terra cultivada	
	2.8 Gelo e rocha	
2.9 Tundra		

Fonte: Adaptado, Costanza, *et al*, 1997

**Tabela 2.** Serviços ecossistêmicos e função ambiental

Nº	Serviço Ambiental	Função Ambiental
1	Regulação de Gás	Regulação da composição química da atmosfera
2	Regulação do Clima	Regulação da temperatura e precipitação
3	Regulação de Distúrbios	Capacitação de amortecimento em resposta ao clima
4	Regulação da Água	Regulação dos fluxos hidrológicos
5	Abastecimento de Água	Armazenamento e conservação de água
6	Controle de Erosão	Retenção de solo
7	Formação do Solo	Processo de formação do solo
8	Ciclo de Nutrientes	Armazenamento e o processamento de nutrientes
9	Tratamento de Resíduos	Recuperação de nutrientes celulares
10	Polinização	Movimento de gametas florais
11	Controle Biológico	Regulação trófica de populações
12	Refúgio	Habitat para populações residentes e transitórias
13	Produção de Comida	Produção primária bruta extraída como alimento
14	Matéria Prima	Produção primária bruta extraída como matérias-primas
15	Recursos Genéticos	Fonte de matérias e produtos únicos
16	Recreação	Oportunidade de recreação
17	Cultura	Oportunidade para usos não comerciais

Fonte: Adaptado, Costanza, *et al*, 1997

Com o uso da técnica de extrapolação inversa aplicada a estas tabelas é possível mensurar o valor ecossistêmico do ambiente natural por todo o planeta. No caso da área de

estudo foram considerados os três ecossistemas mais relevantes, sendo: floresta tropical, grama e pastagem natural e lagos e rios. Isto posto, basta que seja realizada a transposição dos valores ali obtidos no plano global para o local (como será visto na Tabela 3, presente na seção Resultados e Discussão), permitindo assim o cálculo estimado proposto.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

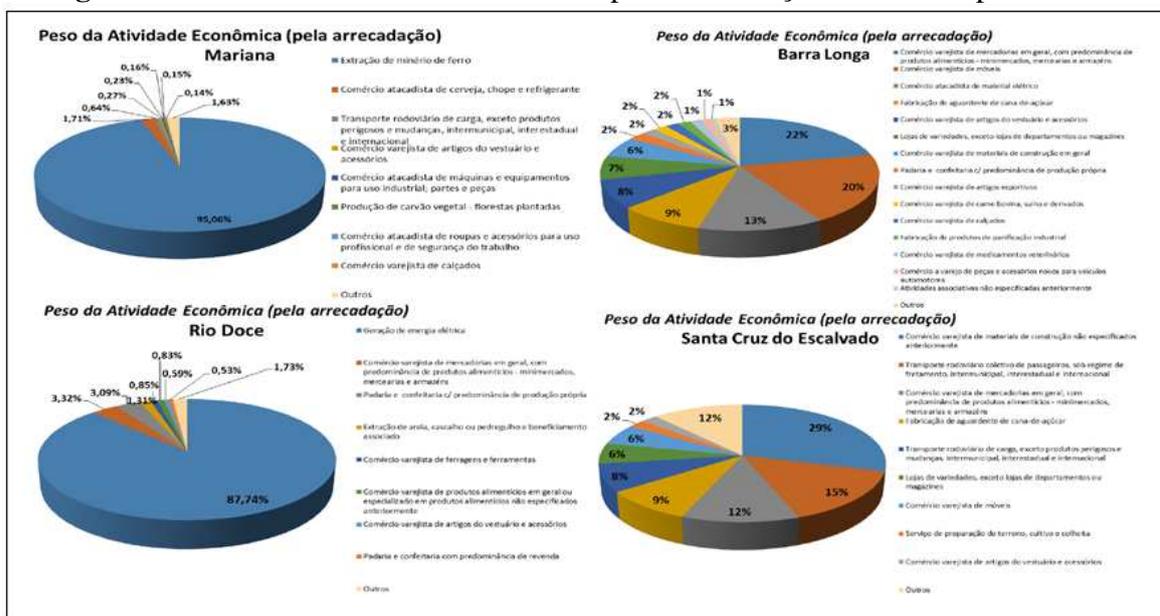
### 4.1. ECONOMIA REGIONAL

Para se compreender os impactos ambientais proporcionados pelo trio Samarco/Vale/BHP Billiton, tomou-se como base o relatório técnico da EMBRAPA (2016), que demonstra os principais impactos para a economia regional da área atingida, em uma escala microrregional. Para tal, foram considerados quatro municípios que foram os mais afetados pela mineradora, sendo: Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.

Analisando os pesos de cada atividade econômica, compostos em alguns casos pela extração de minério de ferro, comércio atacadista, geração de energia, transporte, comércio varejista, indústria, entre outros, onde, dentro destes municípios informados, principalmente no que tange a arrecadação, pode-se notar que em Mariana 95,06% (Figura 2) advém da atividade extrativa do minério de ferro (EMBRAPA, 2016). É importante compreender que:

*As condições cotidianas de vida e trabalho destas populações, reproduzido socialmente nas comunidades rurais, assentamentos de reforma agrária e povoados, foram arruinadas pela lama de rejeitos, comprometendo fontes locais de geração de renda e ameaçando as condições materiais e imateriais de permanência nos seus territórios. Esse processo explicita novamente as aproximações entre injustiça e racismo ambiental e os impactos socioambientais provocados pelo desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. (MANSUR, M. et al, 2016:33)*

**Figura 2.** Pesos das atividades econômicas pela arrecadação dos municípios estudados.



Fonte: EMBRAPA, 2016:31-32.

Considerando as informações presentes na Figura 2, percebe-se no município de Mariana uma economia de enclave, que deve ser entendido como uma:

*[...]instalação de uma economia exportadora que cria nenhum ou pouco link benéfico para os outros setores da economia local. O enclave é caracterizado pela instalação de estruturas artificiais que são alheias e qualitativamente diferentes da realidade local. A economia de enclave e a infraestrutura que a cerca, como a habitação, serviços de saúde e educação, têm caráter artificial e vertical. No entanto, mesmo sendo diferente, a economia de enclave tem intensas ligações com a realidade local, inclusive aproveitando a estrutura local para diminuir o custo de suas operações. O que dá o caráter de enclave é o fato de não gerar benefícios para a estrutura social local, pelo contrário, deteriora sua situação. (COELHO, 2015:58).*

Dessa feita, toda baseada na extração mineral, tornando o setor público e a comunidade dependente destes recursos, sem gerar economias alternativas afim de propiciar um desenvolvimento econômico mais sustentável as suas populações. Percebe-se assim que:

*A indústria da mineração sempre foi desenvolvida no Brasil por um capitalismo dependente, subdesenvolvimento e baseada numa economia reprimarizada<sup>1</sup>, com um crescente processo de violência que determinou a uma casta da sociedade ser apenas um ator social, vadio e sobranter, nas franjas de toda essa riqueza mineral e das engrenagens da grande fazenda em formação do modelo exportador que moldaria toda a economia nos últimos cinco séculos. (TROCATE & ZONTA, 2015:10).*

Outra problemática que se observa na indústria da mineração, além das questões da economia de enclave, é a constatação de que existe um comércio ecologicamente desigual neste setor, onde para SAES (2017), surgem as “periferias do minério de ferro”. Este processo, segundo a pesquisadora, cria-se uma desmaterialização entre as economias mais ricas, no qual, as economias mais avançadas “dependem crescentemente de estoques de ferro e aço “ocultos” em outros países (SAES, 2017:62). Diante disso:

*Ao não considerar esta evidência de assimetria Norte-Sul e não visualizar o metabolismo social de uma maneira global, a aposta em soluções unicamente tecnológicas não parece ser suficiente para impedir que os danos ambientais do crescimento econômico sejam continuamente deslocados para o Sul, ou mesmo resolver questões globais como o aquecimento climático. (SAES, 2017:62)*

Após estas ponderações e analisando a Figura 2, observa-se um grau de dependência do município de Mariana. Enriquez (2007), analisou o grau de “vulnerabilidade” de alguns municípios que possuem uma base mineral em sua economia. Este índice é medido pela “iminência do esgotamento das fontes diretas e indiretas de renda proveniente da mineração” (ENRIQUEZ, 2007:348). Demonstra-se, segundo a autora, o grau de vulnerabilidade do município de Mariana, onde, com base em dados de 2005, coloca o município entre os mais dependentes, com uma previsão de exaustão da mina estimada em 30 anos.

Na contramão do município de Mariana, as atividades econômicas quando analisadas pela arrecadação municipal dos outros municípios afetados demonstra maior dinâmica, exceto Rio Doce que possui 87,74% de sua arrecadação baseada na geração de energia. Barra Longa possui uma maior diversidade econômica, onde 22% de sua arrecadação advêm do comércio varejista de mercadorias em geral, 20% do comércio varejista de móveis e 13% do comércio atacadista de material elétrico. Já Rio Doce concentra sua arrecadação, cerca de 87,74%, na geração de energia elétrica, também afetada pelos rejeitos da mineradora. Por fim, o município de Santa Cruz do Escalvado apresenta sua arrecadação baseada no comércio varejista de materiais de construção, transporte rodoviário coletivo e comércio varejista em geral, apresentando respectivamente 29%, 15% e 12% (Figura 2) dos proventos municipais (EMBRAPA, 2016).

A especialização dessa região em recursos naturais não renováveis reflete o caso da economia brasileira como um todo que, por sua vez, também possui uma pauta de

comercialização internacional baseada em produtos de baixa intensidade tecnológica. Observa-se, portanto, que as economias locais são bastante fragilizadas, com uma base pouco diversificada que minimizaria tais impactos, sendo suscetíveis a sofrer impactos exógenos, como o acontecido na “tragédia de Mariana”. Segundo a EMBRAPA (2016), os prejuízos privados totalizaram R\$253.056.436,42, os públicos em R\$ 5.205.052,51 e os danos na infraestrutura em R\$45.624.450,00, totalizando, em custos materiais, um montante na casa dos **R\$303.885.938,93**. Valores expressivos, que podem ser analisados nas Tabelas 3, 4 e 5.

**Tabela 3.** Escala microrregional dos prejuízos econômicos privados

Atingidos pela barragem	Prejuízos econômicos privados					
	Agricultura	Pecuária	Indústria	Comércio	Serviços	Total dos prejuízos privados
Mariana	R\$ 878.340,00	R\$ 6.273.210,50	R\$ 215.000.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 223.051.550,50
Barra Longa	R\$ 743.882,08	R\$ 14.567.881,00	-	R\$ 1.000.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 16.811.763,08
Rio Doce	R\$ 256.000,00	R\$ 414.000,00	R\$ 11.539.704,84	R\$ 100.000,00	R\$ 194.000,00	R\$ 12.503.704,84
Santa Cruz do Escalvado	R\$ 100.000,00	R\$ 110.000,00	-	R\$ 479.418,00	-	R\$ 689.418,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 1.978.222,08</b>	<b>R\$ 21.365.091,50</b>	<b>R\$ 226.539.704,84</b>	<b>R\$ 2.079.418,00</b>	<b>R\$ 1.094.000,00</b>	<b>R\$ 253.056.436,42</b>

Fonte: EMBRAPA, 2016:36

É importante destacar que, conforme a Embrapa (2016), os valores correspondentes na agricultura são relacionados a perda de plantação e máquinas e equipamentos (tratores, caminhões, entre outros). Já os custos da pecuária se deram pelas mortes dos animais e perda da infraestrutura (curral, galinheiro, pastagens, entre outros). Os prejuízos industriais estão ligados ao faturamento da Samarco e UHE Risoleta Neves. O comércio e os serviços, possuíram prejuízos quanto aos pequenos comerciantes e relacionados ao turismo (pousadas, hotéis, entre outros), respectivamente.

Vale salientar que no mesmo estudo, apresenta uma síntese dos prejuízos rurais, onde o número de propriedades atingidas foi de 195, atingindo diretamente 295 pessoas, com uma área total de 1.270,50 hectares, dentro de 216 construções, e com a perda de aproximadamente 1.596 animais, totalizando um prejuízo por volta de R\$26.595.425,43 (EMBRAPA, 2016).

**Tabela 4.** Escala microrregional dos danos materiais à infraestrutura

Atingidos pela barragem	Danos materiais a infraestrutura							
	Unidades habitacionais			Instalações públicas de saúde		Instalações públicas e ensino		
	Destruidas	Danificadas	Valor estimado	Destruidas	Valor estimado	Destruidas	Danificadas	Valor estimado
Mariana	349		R\$ 51.756.700	2	R\$ 380.715	4		R\$ 4.383.625
Barra Longa	40	93	R\$ 2.657.600			2	1	R\$ 700.000
Rio Doce								
Santa Cruz do Escalvado		1	R\$ 60.000					
<b>TOTAL</b>	<b>389</b>	<b>94</b>	<b>R\$ 54.474.300</b>	<b>2</b>	<b>R\$ 380.715</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>R\$ 5.083.625</b>

Fonte: EMBRAPA, 2016:59

Os valores estimados acima, segundo a Embrapa (2016), são referentes aos municípios que tiveram suas infraestruturas afetadas pela Samarco, tendo como critério, as destruídas e as danificadas. Como ressalta a equipe técnica que realizou este levantamento, não significa que estes valores serão os valores para a reconstrução ou reforma dos bens, dado a outros fatores, como terreno e técnicas de construção.

**Tabela 5.** Escala microrregional dos prejuízos econômicos públicos

TIPO DE SERVIÇO/SETOR	Prejuízos econômicos públicos				
	MARIANA	BARRA LONGA	RIO DOCE	SAN. CRUZ DO ESCALVADO	TOTAL
Assistência Médica, Saúde Pública e Atendimento de Emergências Médicas	R\$ 744.407,89	R\$ 50.000,00			R\$ 794.407,89
Abastecimento de Água Potável	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00		R\$ 20.000,00	R\$ 80.000,00
Esgoto de Águas Pluviais e Sistema de Esgotos Sanitários	R\$ 85.000,00	R\$ 1.000.000,00			R\$ 1.085.000,00
Sistema de Limpeza Urbana e de Recolhimento e Destinação do Lixo	R\$ 8.000,00	R\$ 500.000,00			R\$ 508.000,00
Sistema de Desinfestação/Desinfecção do Habitat/Controle de Pragas e Vetores		R\$ 30.000,00			R\$ 30.000,00
Geração e Distribuição de Energia Elétrica		R\$ 70.000,00	R\$ 855.770,89	R\$ 1.200.000,00	R\$ 2.125.770,89
Telecomunicações		R\$ 70.000,00			R\$ 70.000,00
Transportes Locais, Regionais e de Longo Curso	R\$ 318.442,33	R\$ 52.305,00	R\$ 14.126,40		R\$ 384.873,73
Distribuição de Combustíveis, Especialmente os de Uso Doméstico		R\$ 52.000,00			R\$ 52.000,00
Segurança Pública		R\$ 10.000,00			R\$ 10.000,00
Ensino	R\$ 25.000,00	R\$ 40.000,00			R\$ 65.000,00
Total dos Prejuízos Públicos	R\$ 1.210.850,22	R\$ 1.904.305,00	R\$ 869.897,29	R\$ 1.220.000,00	R\$ 5.205.052,51

Fonte: EMBRAPA, 2016:48

Os custos associados na tabela acima são referentes a ações emergenciais durante e após o desastre de Mariana/MG, que foram arcadas pelos municípios. Este levantamento da Embrapa (2016) foi realizado através de formulários enviados aos municípios, bem como órgãos públicos estaduais, dimensionando assim os prejuízos públicos.

Além dos impactos relatados acima, outra contribuição deste relatório se dá aos danos humanos, ou seja, uma primeira triagem daqueles que foram efetivamente afetados pela mineradora Samarco. Foi classificado em três categorias: a primeira está ligada a saúde pública e às condições fundamentais de segurança das pessoas; a segunda a danos sobre elementos simbólicos e o acesso à educação da população atingida; a terceira sobre impactos sobre as formas de organização social da população atingida, totalizando 10.482 afetados (EMBRAPA, 2016:62).

Como o marco teórico da presente pesquisa se baseia na Economia Ecológica, que opta por fazer um contraponto crítico a visão da Economia Neoclássica, busca-se demonstrar que os custos sociais e ambientais do rompimento das barragens da mineradora Samarco, não se refletem somente nos preços das *commodities* minerais, onde conforme aponta Montibeller Filho (1999:100) “os custos ecológicos não se manifestam nos preços, dado que estes não incorporam externalidades negativas”. Isto posto, há o chamado *dumping* ecológico, onde “são os movimentos sociais, e não os preços, que revelam os reais custos ecológicos. A pressão política do movimento ambientalista em relação a determinada área degradada faz aparecer, pelo menos em parte, o custo necessário para sua recuperação” (MARTÍNEZ ALIER, 1994:203).

O *dumping* possui como significado a ideia de despejar ou esvaziar, originada do termo inglês “*dump*”. Essa palavra constitui na prática entre as trocas comerciais (Nacionais e Internacionais) em que se coloca um produto no mercado com um preço abaixo do custo de produção. O objetivo desse traquejo é eliminar a concorrência e posteriormente abocanhar uma maior fatia no mercado, sendo ilegal e desleal. O *dumping* ecológico advém desta perspectiva, sendo que devido a uma legislação branda de alguns países com relação as suas questões ambientais, as empresas possuem um custo de produção abaixo do praticado no mercado (Internacional), com impactos diretos aos ecossistemas locais. Dessa forma, os preços e custos das empresas não contabilizam os danos causados ao meio ambiente, ficando tais passivos para as populações locais que sofrem externalidades negativas nesse processo produtivo.

Os dados expostos até então estão dentro de uma escala microrregional, analisando os quatro municípios mais afetados pelo rompimento das barragens da mineradora. Em uma escala macrorregional os impactos estão relacionados ao uso da água, totalizando prejuízos privados na casa dos R\$287.410.380,00 e públicos em R\$140.861.402,00, totalizando **R\$428.271.782,00** (EMBRAPA, 2016). O valor total dos prejuízos públicos e privados em ambas as escalas espaciais gira em torno de **R\$732.157.720,93**, que representa a soma dos valores microrregionais, R\$303.885.938,93, e macrorregionais, R\$428.271.782,00.

#### 4.2. PRESSÕES ANTRÓPICAS

Tomando-se como base que toda alteração em um meio natural capaz de causar qualquer tipo de impacto pode ser considerada como pressão antrópica (IEF, 2013), pode-se dizer que no caso deste acidente, os principais foram a contaminação do solo, da água e da vegetação ciliar dos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado (Área de Estudo).

Segundo o Relatório de Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG (MINAS GERAIS, 2016), o solo das áreas atingidas não possui mais condições para a realização de atividades agropecuárias. De acordo com o mesmo estudo, a infertilidade local se dá, em especial, pelo grande volume de lama acumulada, gerando uma nova camada compactada de sedimentos sobre o horizonte A do solo capaz de impedir a infiltração da água e a germinação de culturas agrícolas.

No caso dos recursos hídricos, os principais corpos d’água vítimas da avalanche de lama foram o rio Gualaxo do Norte, o rio do Carmo e o rio Doce. Segundo as análises realizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM - e pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA -, todos os aspectos testados como “turbidez, alterações físico-químicas e afetação de nascentes”, permitiram concluir que “a água bruta apresenta turbidez e características físico-químicas discrepantes da média histórica e fora dos padrões estipulados pelas normas para consumo” (MINAS GERAIS, 2016: 21).

Por último, e não menos importante, cabe destacar os impactos observados na vegetação ciliar. Neste mesmo estudo, o IBAMA estimou uma devastação de “aproximadamente 374,81 ha de cobertura florestal ciliar” (MINAS GERAIS, 2016: 26).

#### 4.3. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Neste trabalho, tomaram-se como funções ambientais as ações capazes de gerar benefícios diretos ou indiretos ao homem (HUETING *et al*, 1997) por meio de serviços ambientais. De acordo com Costanza, *et al*. (1997), estes serviços não são estáticos e

unitários, podendo inclusive se relacionar de diversas formas, sendo capazes, inclusive, de se agregar gerando novas formas.

No caso deste estudo, foram usadas as descrições das funções ambientais indicadas por Costanza, *et al.* (1997). Cabe destacar que na Tabela 2 é possível observar quais os tipos de serviços e funções ambientais presentes em um local capazes de serem utilizados para benefício humano de maneira responsável (HEAL, 2000).

Segundo De Groot (1992), as Funções de Regulação são aquelas onde se busca a manutenção ecossistêmica equilibrada das relações ecológicas de um determinado local; já as Funções de Provisão podem ser definidas como as características que uma área oferece ao ser humano sem que ocorram ações antrópicas significativas no ambiente; as Funções de Produção são as benesses naturais diretas que a população pode usufruir; e as Funções de Informação são os benefícios espirituais e científicos que o ativo natural é capaz de oferecer.

Desta forma, de acordo com a Tabela 2, pode-se dizer que, antes do acidente, todos os serviços ali descritos se faziam presentes, sendo lamentável que não mais existam.

#### 4.4. VALOR AMBIENTAL DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

Uma vez que os impactos antrópicos, as funções e serviços ambientais perdidos já foram apresentados, pode-se passar para o cálculo do VA da área impactada pela lama da Samarco/Vale/BHP Billiton.

Assim, o primeiro passo foi a multiplicação desta área, 1.430 ha por  $10^{-8}$  (adequação da base de cálculo); em seguida, da identificação dos principais biomas outrora ali presentes (Florestas Tropicais, Gramas e Pastagens, Lagoas e Rios) foi feito o processo de extrapolação com o uso da Tabela 1, de Costanza, *et al.* (1997) para a confecção da Tabela 6, já com os resultados calculados.

**Tabela 6.** Valoração Econômica dos Ecossistêmicas

<b>Bioma</b>	<b>Original - Área (há x 10<sup>8</sup>)</b>	<b>Adaptado - Área (há x 10<sup>8</sup>)</b>
Florestas tropical	1900	0,00005263
Grama e pastagem natural	3898	0,00010797
Lagos e rios	200	0,00000554
<i>Valores monetários em R\$</i>	5998	0,00016614

<b>1 - Regulação de gás</b>	<b>2 - Regulação do clima</b>	<b>3 - Regulação de perturbações</b>	<b>4 - Regulação da água</b>
	223	5	6
7	0		3
			5445
R\$ 23.300.975,24	R\$ 11.885.061,20	R\$ 30.911.584,60	R\$ 19.374.039,82
<b>5 - Suprimento de água</b>	<b>6 - Controle de erosão</b>	<b>7 - Formação do solo</b>	<b>8 Ciclos dos nutrientes</b>
8	245	10	922
	29	1	
2117			
R\$ 29.399.888,22	R\$ 10.008.472,59	R\$ 920.918,48	R\$ 296.692.134,42

9 - Tratamento de resíduos	10 - Polinização	11 - Controle biológico	12 - Habitat e refúgios
87			
87	25	23	
665			
R\$ 39.564.743,20	R\$ 2.032.970,99	R\$ 7.245.717,13	R\$ 2.154.601,74
13 - Produção de comida	14 - Matérias primas	15 - Recursos genéticos	16 - Recreação
32	315	41	112
67		0	2
41			230
R\$ 24.082.887,16	R\$ 12.527.966,55	R\$ 1.372.689,82	R\$ 14.161.293,68
17- Cultura	Valor total per há (\$ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Valor total do fluxo global (\$yr <sup>-1</sup> x 10 <sup>9</sup> )	
2	2008	0,105680116	
	244	0,026345572	
	8498	0,047078508	
R\$ 52.388.098,70		<b>R\$ 578.058.795,18</b>	

Área atingida	1430
Porcentagem - Floresta Tropical	3,680387409
Porcentagem - Grama e Pastagem	7,550605327
Porcentagem - Lagos e Rios	0,387409201
Cotação do Dólar Comercial - 11/01/2017	R\$ 3,2275

Fonte: Adaptado pelo autor (Costanza, *et al.*, 1997)

Durante este processo, foi considerado o serviço terrestre com 100% de seu valor, algo importante no processo de transposição monetária haja vista que, com este dado, é possível traçar uma equação para se relacionar esta fitoforma ambiental com o serviço terrestre total, metodologia repetida para os demais ecossistemas presentes.

Agora, resta apenas transpor a área e a porcentagem que cada um dos biomas representa, multiplicando-se estes valores para identificar a relação entre o Método Costanza, *et al.* (1997) e o local estudado. Para melhor entendimento da técnica proposta, considera-se, no planeta, que a região referente às florestas tropicais apresenta a grandeza de 1.900 há x 10<sup>8</sup> e o montante alusivo à área pesquisada de 0,00005263 ha x 10<sup>8</sup>.

Tendo em vista que a tabela original de Costanza, *et al.* (1997) não explica a origem dos valores finais de cada um dos 17 serviços ecossistêmicos que leva em conta, criou-se aqui um fator multiplicador referente ao somatório de cada um dos serviços ecossistêmicos divididos pelo valor original da tabela.

Por último, cabe transpor o valor original (dólares) para a moeda brasileira (reais). Assim tem-se a seguinte fórmula de cálculo (I):

$$\text{Valor da área x } 10^8 \text{ x Valor dos serviços ecossistêmicos x fator multiplicado x Valor do Real/Dólar (I)}$$

Assim, valor da perda ecossistêmica percebida na área de estudo corresponde a **R\$578.058.795,18/ano**, um montante altamente significativo quando comparado a outros trabalhos de valoração ambiental já realizados.

É possível notar que o valor apresentado corresponde em termos relativos as perdas públicas e privadas expostas na seção da Economia Regional, que apresentou dentro da perspectiva microrregional um valor total de **R\$428.271.782,00**, que se refere as áreas próximas ao rompimento (Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado). O impacto total, pelo aspecto macrorregional chegou ao montante de **R\$732.157.720,93**. Estes prejuízos, conforme aponta o relatório da EMBRAPA (2016), são as estimativas iniciais, pois como no caso dos serviços públicos, estes valores tendem a aumentar, principalmente em relação à saúde dos seus moradores.

Utilizando esta mesma metodologia, merece destaque o trabalho de Camargo, *et al* (2014) que identificou o valor de R\$73.196.258,93/ano de benesses ambientais para a Cachoeira da Serrinha, localizada no município de Mariana/MG, com uma área de apenas 1.193,293 km<sup>2</sup>. Barcelos, *et al* (2017) utilizou este mesmo método para valorar a Serra dos Martírios/Andorinhas, localizada no município São Geraldo do Araguaia no estado do Pará, com uma área aproximada em 26.787,75 hectares, no valor de R\$101.008.218,10/ano. Comparando ambos os estudos com os resultados aqui apresentados, é espantoso o montante perdido graças ao acidente minerário acontecido em Mariana-MG.

Por óbvio, como toda ferramenta de cálculo de valoração ecossistêmica usando a metodologia TEEB, é possível que haja incerteza em alguns pontos, em especial pelo fato deste método utilizar-se de valores pré-definidos acerca dos biomas mundiais.

Conforme o site Agencia Brasil (2017) a justiça brasileira suspendeu a obrigação da Samarco, Vale e BHP Billiton depositarem 1.2 bilhões de reais referentes à multas ambientais, que era a garantia “de futuras ações de recuperação e reparação dos danos socioambientais decorrentes da tragédia de Mariana/MG”. A reparação dos danos foi estimada pelo Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) preliminar em 20 bilhões de reais por 15 anos, onde a valoração do presente estudo nessa mesma perspectiva temporal daria um montante de 8.6 bilhões de reais, demonstrando assim a importância de trabalhos como este para tomada de decisões dos órgãos públicos e privados. É importante salientar ainda que a metodologia utilizada considera apenas os serviços ecossistêmicos da área afetada, não entrando em outras questões sociais e econômicas.

No entanto, tendo em vista a facilidade de uso, somado ao baixo investimento financeiro e confiança dos resultados que apresenta, este método tem sido cada vez mais difundido, sendo interessante seu uso para mensuração monetária também para áreas degradadas, um uso relativamente raro, mas que precisa ser disseminado, em especial pelo papel social de denúncia (como neste caso) que pode apresentar para a sociedade.

Impactos como os aqui descritos são propensos a ocorrer tanto no curto prazo, como no longuíssimo prazo (prazo secular), no qual podem nem haver mais estas empresas, recaindo assim todos os custos para as populações locais. O atual modelo mineral, assim como os chamados *royalties* da mineração precisam ser discutidos sob um viés municipalista, pois vários estudos, como de Enriquez (2007), Trocate & Zonta (2014, 2015) e Saez (2017), demonstram que nos locais onde há mineração, não se observam, em termos absolutos, melhoria na qualidade de vida e redução das desigualdades.

Parte significativa da população afetada inclusive acredita que “o pior já passou”, esquecendo-se que as áreas rurais são as mais afetadas pelo desastre. A vida de muitas famílias tende a piorar nos próximos anos, devido a outras perdas materiais, advindo, por exemplo, da nova dinâmica de inundações e questões de saúde física e psicológica.

## 5. CONTRIBUIÇÃO TECNOLÓGICA-SOCIAL

Este trabalho teve como escopo discutir os impactos ecossistêmicos pelo rompimento das barragens do trio Samarco/Vale/BHP Billiton, com um esforço metodológico de aperfeiçoamento do processo de valoração do capital natural. Teve como premissa dois importantes estudos, sendo o primeiro empreendido pelo Costanza *et al* (1997), que buscou valorar os principais ecossistemas em escala planetária e o segundo do relatório da força tarefa da EMBRAPA (2016), fornecendo os subsídios necessários para compreensão dos problemas que o rompimento das barragens acarretou às populações, setores públicos e privados da região estudada.

A ferramenta utilizada teve como pilar a modelagem econômica-ecológica, buscando compreender sua dinâmica e incorporando assim valores monetários de ativos que não são possíveis de serem comercializados.

Há uma gama de metodologias de valoração ambiental, boa parte advinda da Economia Neoclássica, onde os valores estão vinculados ao seu objetivo e forma de análise, entretanto é preciso cuidado. Salientamos que estas técnicas necessitam de cuidado em sua compreensão, dado ao fato de que se busca valorar o invalorável.

Observa-se assim que o dano proporcionado pelo trio Samarco/Vale/BHP Billiton é muito superior a qualquer estimativa feita pelos órgãos competentes, sendo que para a Economia Ecológica os custos são mais abrangentes e complexos do que apenas os valores monetários. Muitos dos impactos e custos mencionados acima serão arcados pela própria população, destacando-se que muitos destes nem possuem relação direta com a mineradora ou seu entorno.

Por fim, o valor identificado do capital natural e ecossistêmico atingido pelas barragens da mineradora Samarco está na casa dos **R\$578.058.795,18/ano**, valor este não contabilizado nos preços das *commodities*. Há uma nítida troca desigual no setor minerário do país, que concentra riqueza e dissemina a pobreza com recursos naturais que são da população, sendo importante repensar um novo projeto de desenvolvimento do setor minerário para o país.

Além desses problemas, cabe ainda destacar a economia de enclave, mais um fator que prejudica as presentes e futuras gerações, sendo também importante de ser pensado, pelos gestores públicos, soluções reais capazes de diversificar o potencial econômico de Mariana e região, antes que novas tragédias abalem novamente uma das, outrora, mais ricas regiões do estado de Minas Gerais.

Dessa forma, qualquer método aplicado de valoração não é capaz de analisar o valor ecossistêmico como um todo, apesar de ser uma forma de contribuir para os debates ecológico-econômicos. Este tipo de estudo parte como um esforço em atribuir valor monetário aos ecossistemas, sendo sempre importante contextualizar o território de análise, algo que pode ser influenciado pelo olhar do pesquisador. As incertezas associadas a este método são inevitáveis, todavia, podem auxiliar nas decisões políticas em todas as esferas.

## Referências

- BRASIL. Agência Brasil. Justiça suspende obrigação de Samarco, Vale e BHP depositarem de 1.2 bi. Disponível em: <http://m.agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-01/justica-suspende-obrigacao-de-samarco-vale-e-bhp-depositarem-r-12-bi> – 2017. Acesso em março de 2018.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Laudo Técnico Preliminar Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, 2015.
- Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Relatório de segurança de barragens 2014/Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2015, 156 p.
- BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Tragédia em Mariana: produção agropecuária em áreas atingidas está comprometida. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8410974/tragedia-em-mariana-producao-agropecuaria-em-areas-atingidas-esta-comprometida>>. 2015. Acesso em: janeiro de 2018.
- BRASIL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da barragem do Fundão em Mariana-MG. Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. Decreto nº 46.892/2015, 2016.
- BARCELOS, T.; FERREIRA, A. Valoração Econômica e Ambiental do Parque Estadual da Serra dos Martírios/Andorinhas/PA, utilizando o método TEEB/Costanza. Anais do XII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2017.
- CAMARGO, P.L.T.; BARCELOS, T.; VIEIRA, L. R. C.; MACEDO, C. M.; CASTRO, D. E. J. Valoração ambiental da cachoeira da Serrinha, Mariana, Minas Gerais, segundo o método de Costanza (1997). Revista Ciência e Natura, Santa Maria, v.36 n.2 mai-ago., 2014, p. 137-152
- CECHIN, A. D.; VEIGA, J. E. O fundamento central da economia ecológica. In: May, Peter H (Org). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2.ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010, pp.33-48.
- COSTANZA, R.; *Et al.* The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. Nature, 1997. Vol. 387: 253-260.
- COSTANZA, R. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change, v. 26, p. 152-158, 2014.
- DE GROOT, R. S. Functions of Nature: Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making. Amsterdam, Wolters-Noordhoff, 1992.
- DEMIR, E. *et al.* A selected review on the negative externalities of the freight transportation: Modeling and pricing. Transportation research part E: Logistics and transportation review, v. 77, p. 95-114, 2015.
- ENRIQUEZ, M. A. R. S. Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2007.
- HEAL, G. Nature and the marketplace: capturing the value of ecosystem service. Washington, Island Press, 2000.
- HUETING, R., REIJNDERS, L., DE BOER, B., LAMBOOY, J., JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. Ecological Economics, 1998, Vol. 25: 31-35.
- KINROSS World. Isso é o que acontece quando uma barragem de rejeitos falha (vídeo). Disponível em: <<http://www.kinrossworld.kinross.com/pt-br/articles/isso%C3%A9-o-que-acontece-quando-uma-barragem-de-rejeitos-falha-v%C3%ADdeo>>. 2014. Acesso em: março de 2018.
- MARTINEZ ALIER, J. La Economía Ecológica al Ecologismo Popular. Barcelona, Icaria Editorial, 1994.
- MYERSM, D. Construction economics: A new approach. Taylor & Francis, 2008.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG Responsável: Grupo da Força-Tarefa Decreto nº 46.892/2015, 2016.

MINAS GERAIS. Instituto Estadual de Florestas (IEF). Parque Estadual do Itacolomi. Disponível em [http://www.ief.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content%20&task=view&id=193&temid=130](http://www.ief.mg.gov.br/index.php?option=com_content%20&task=view&id=193&temid=130). Acesso em fevereiro de 2018.

MONTIBELLER FILHO, G. O Mito do Desenvolvimento Sustentável. Tese defendida no Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa, 1999

O GLOBO. Acidente em Mariana é o maior da História com barragens de rejeitos. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/acidente-em-mariana-o-maior-da-historiacom-barragens-de-rejeitos-18067899>>. 2016. Acesso em: março de 2018.

ORTIZ, R. A. Valoração Econômica Ambiental. In: May, P.,H., *et al* (orgs). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 4ª. Reimpressão. Rio de Janeiro, Elsevier, 2003, pp. 81-99.

O TEMPO. Minas já sofreu com outros rompimentos de barragens. Disponível em: <<http://www.otempo.com.br/cidades/minas-j%C3%A1-sofreu-com-outros-rompimentos-de-barragens-1.1159501>>. 2015. Acesso em: março de 2018.

ROMEIRO, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: May, P., H., (Org). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2.ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010, pp.1-32.

SAES, B. Ma. Comércio ecologicamente desigual no século XXI: evidências a partir da inserção brasileira no mercado internacional de minério de ferro. Tese de Doutorado – UNICAMP – Campinas, SP, 2017.

TROCATE, C.; ZONTA, M. A questão mineral no Brasil. Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. Marabá, PA. Editorial Iguana, 2016.

TROCATE, C.; ZONTA, M.. Coelho, T. P. A questão mineral no Brasil - vol1 - Projeto Grande Carajás: trinta anos de desenvolvimento frustrado. Marabá, Editorial Iguana, 2015.