XXI SEMEAD
Seminários em Administração

novembro de 2018
ISSN 2177-3866

BARRAGENS DE REJEITO MINERAL PELO PRISMA DA ECONOMIA ECOLÓGICA: UM ENSAIO TEÓRICO SOB DUAS ANÁLISES TEMPORAIS

TIAGO SOARES BARCELOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

LOYSLENE DE FREITAS MOTA
FACULDADE METROPOLITANA DE MARABÁ (METROPOLITANA)

Agradecimento à orgão de fomento:
Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Gestão Ambiental - NESGA DINTER - USP/UNIFESSPA - Programa de Pós Graduação em Geografia Humana

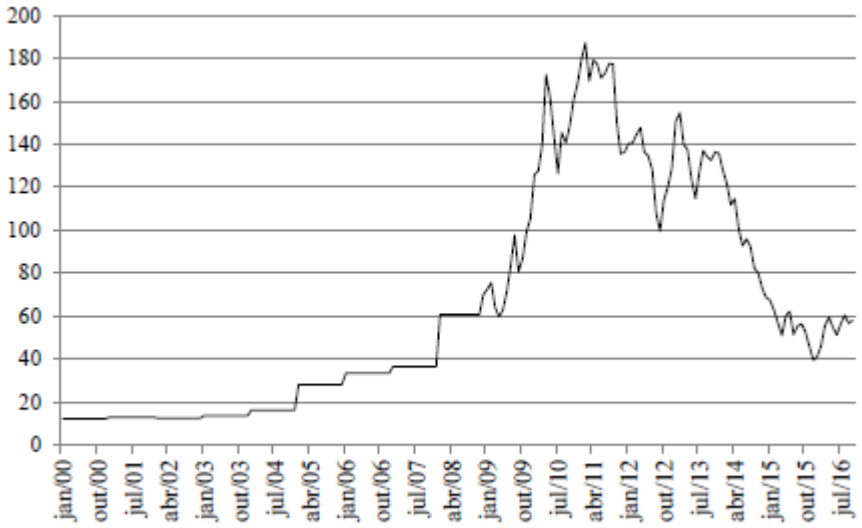
BARRAGENS DE REJEITO MINERAL PELO PRISMA DA ECONOMIA ECOLÓGICA: UM ENSAIO TEÓRICO SOB DUAS ANÁLISES TEMPORAIS

1. INTRODUÇÃO

O presente projeto de pesquisa nasce sob a reflexão acerca do rompimento da barragem de rejeitos minerais, ocorrido na tarde do dia 05 de novembro de 2015, no subdistrito de Bento Rodrigues, a 35 km do município de Mariana, Minas Gerais, que despejou 80 milhões de toneladas de lama eclodiram na bacia do Rio Doce e no litoral capixaba.

Essa data marca o fim do megaciclo das commodities de minérios, que pode ser associada ao período de 2003 a 2013, "quando as importações globais de minérios saltaram de US$38 bilhões para US$ 277 bilhões (um aumento de 630%)". Dessa forma, a questão mineral retornou com mais força aos debates acadêmicos, profissionais e de momentos sociais. Observa-se assim, o potencial destrutivo da sofisticada e lucrativa indústria de extração mineral no país, tornando a "tragédia de Mariana" uma fonte inesgotável do "mito da bonança ao progresso inevitável, numa desmensurada relatividade de que tudo pode ser recompensado". Sabe-se que este setor possuí um caráter cíclico, o qual se iniciou em janeiro de 2000, momento em que o valor do minério estava cotado em US$ 28,79 a tonelada, tendo um pico de US$ 195,95 a tonelada em abril de 2008. Hoje, dezembro de 2017, o valor da tonelada está na ordem de US$ 71,00 (MANZUR; WANDERLEY; *et al*. 2016 e ITC, 2017).

Gráfico 1: Preço do minério de ferro* (em US$/ tonelada métrica seca), 2000-2016



*Preço de finos de minério de ferro com teor de ferro de 62%, CFR porto Tianjin.
Fonte: Saes (2017) apud IMF (2016).

Defronte este cenário, advém a principal linha de pensamento econômico da qual presente trabalho irá se valer: a economia ecológica. Um dos principais conceitos da Economia Ecológica é a capacidade de carga (ou suporte) ecossistêmico, de acordo com esse conceito capacidade da mineradora Samarco extrapolou seus limites. Por esta perspectiva, quando se trata desse conceito, se denota relevante sua aplicação às barragens de rejeitos de minério de ferro, devido:

> *A capacidade de carga do planeta Terra não poderá ser ultrapassada sem que ocorra grandes catástrofes ambientais. Entretanto, como não se conhece qual é esta capacidade de carga, e será muito difícil de conhecê-la com precisão, é necessário adotar uma postura precavida que implica agir sem esperar para ter certeza. Nesse sentido, é preciso criar o quanto antes as condições socioeconômicas, institucionais e culturais que estimulem não apenas um rápido progresso tecnológico poupador de recursos naturais como também uma mudança em direção a padrões de consumo que não impliquem o crescimento contínuo e ilimitado do uso de recursos naturais per capita.* (ROMEIRO, 2010:7)

Dessa forma, o objetivo deste ensaio teórico é pensar nos impactos da mineração por meio dos riscos de rompimento de barragens de rejeitos, por duas perspectivas temporais (curtíssimo e longuíssimo prazo), e suas influências nos ecossistemas, empresas, economias e sociedade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Busca-se compreender os métodos da Economia Ecológica, peça chave para o presente trabalho, sendo dela extraída a teoria magna, buscando fazer o contraponto a Economia Ambiental (neoclássica). Deve-se pensar nos principais trabalhos dos três principais precursores deste pensamento, como: Kenneth Boulding (1910-1993), Nicolas Georgescu-Roegen (1906-1984) e Herman E. Daly (1938-), além de uma ampla gama de pesquisadores brasileiros e estrangeiros que constituem a base da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECOECO). As três visões básicas criadas por estes três cientistas, segundo Cechin & Veiga (2010-A:41) partem do ceticismo ao modelo convencional, onde o futuro do processo econômico dependeria da escolha entre "a economia do astronauta", o "decrescimento" e a "condição estacionária", respectivamente. Quando os recursos são exauríveis, se torna ainda mais importante a contribuição desses autores, para uma formulação teórica de perspectiva secular.

Enríquez (2010:54) analisa as estratégias para a gestão de recursos exauríveis, onde avalia que o conceito de recurso mineral é dinâmico, chegando à constatação de que "os recursos não são, eles se tornam". Estes recursos podem ser elásticos e inelásticos, variando conforme as respostas "aos desejos e ações dos homens, e às condições tecnológicas, econômicas e políticas". Por outro lado:

> *...a reprodução dos recursos não renováveis não está assegurada e localmente se esgota, daí a necessidade de se introduzir uma* ***dimensão temporal*** *na análise, uma vez que o que é extraído hoje não estará disponível amanhã.* (ENRIQUEZ, 2010:54).

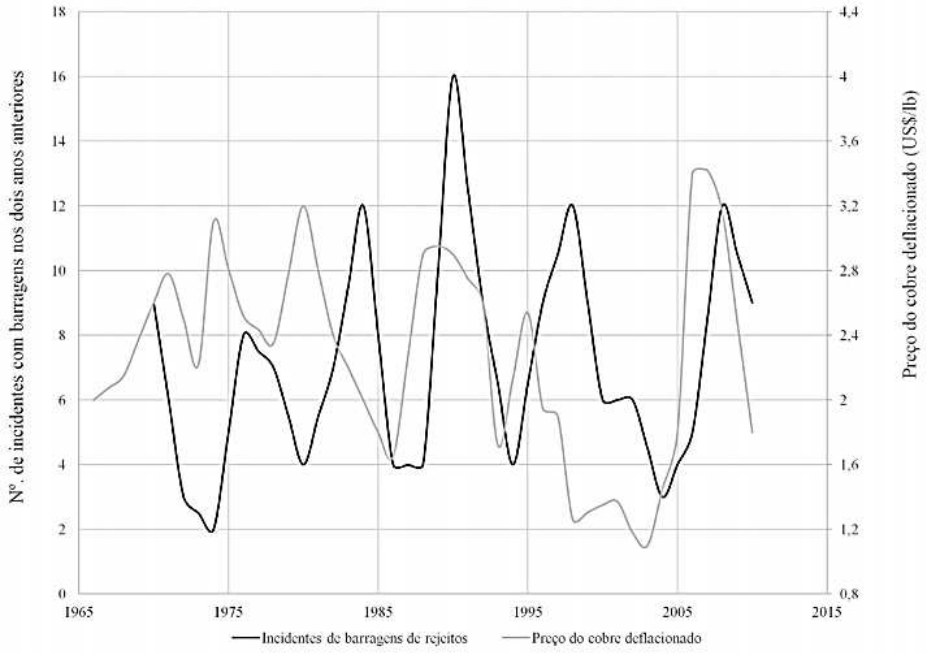
Quanto à dimensão temporal sob a qual o trabalho se submeterá: ela consiste nos modelos 1 e 2, que serão apresentados na próxima seção. Todavia, pretende-se lembrar da regra de Hotelling, onde considera que "uma trajetória 'ótima', os preços dos recursos exauríveis devem evoluir ao ritmo da taxa de desconto que é igual à taxa de juros de mercado" (ENRIQUEZ, 2010:58).

Retornando a questão conhecida como "tragédia de Mariana" ficou claro que a capacidade da mineradora Samarco pode ter extrapolado seus limites no caso supracitados,

tendo como escopo do presente trabalho analisar as políticas públicas e o gerenciamento de riscos das empresas mineradoras. Considerando os megaciclos das *commodities*, avaliando a correlação entre o preço do minério e os incidentes com barragens de rejeito, emerge a seguinte pergunta: há ou não uma correlação positiva entre esses dois fatores? Os pesquisadores do Grupo Política, Economia, Mineração, Ambiente e Sociedade (PoEMAS), afirmam que:

> *Dados indicam que existe uma relação estrutural entre eventos de rompimento de barragens de rejeitos e os ciclos econômicos da mineração. Há indícios de que existe um aumento do risco de rompimento de barragens no novo ciclo pós-boom do preço dos minérios, como expressa o gráfico 2. Na análise dos últimos 45 anos (1965-2009), observa-se forte correlação entre o ciclo de pós-boom (fase de desvalorização dos preços dos minérios após ciclo de valorização) e o aumento do número de rompimento de barragem. Entender essa dinâmica é importante para compreender o caráter estrutural do rompimento da barragem do Fundão*. (MANZUR; WANDERLEY; *et al.* 2016:19)

Gráfico 2: Variação do Preço do Minério e Incidentes de Barragens de Rejeito.



Fonte: Mansur; Wanderlei, *et al*, *apud*. Davies e Martin (2009)

Trocate & Zonta (2016:7) fazem as contas da divisão para cada brasileiro, considerando os três responsáveis pela tragédia - Samarco/Vale/BHP Billiton – onde estimam aproximadamente 450 quilos de rejeitos da mineração por pessoa. Destarte, toda essa externalidade negativa recaiu em especial para as populações de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Barra Longa, além de várias comunidades e cidades entre Minas Gerais e Espírito Santo, "que viraram, da noite para o dia, uma extensão do complexo minerador de Mariana".

Paulo Cesar Abrão, diretor da Geoconsultorias, e especialista em barragens e com vasta experiência neste tema, afirmou categoricamente à revista Brasil Mineral que "as barragens de rejeito não são seguras. Elas estão seguras". Dado que o "conceito de segurança de uma barragem é temporal", observa-se que em momentos cíclicos existe a possibilidade das empresas afrouxarem sua gestão de risco tornando o monitoramento mais brando. Esse pensamento embasa a tese de que as variações no preço das *commodities* influenciam os

incidentes com barragens. O monitoramento é a chave para analisar os elementos de planejamento das ações, dado que "se não for feito dessa maneira, no fundo o responsável pelo monitoramento passa a ser apenas um historiador. Vai contar a história", algo que se verifica no caso da Barragem de Fundão (Alves, 2015:20).

A questão do monitoramento é fundamental para a segurança, onde observa-se que em momentos de crise é criada uma pressão sobre os funcionários no processo produtivo, em razão dessa pressão que parte dos acionistas aos CEOs da empresa, ocasionando assim a negligência de alguns aspectos de segurança. Esta ideia foi colocada pelo especialista em Engenharia de Minas e Petróleo, com ênfase em lavras, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), o prof. Sérgio Médici de Eston (2015):

> *A minha hipótese é a seguinte. Eu acho que tem alguns aspectos para a gente considerar. A Samarco tem um corpo técnico de engenheiros bom; ela era bem-conceituada. Agora, o valor do minério de ferro, o valor do ouro, o valor do petróleo; tudo caiu muito. Então as empresas enxugam. E o Brasil não tem uma cultura de segurança como valor. Então, uma das causas: você deixa de fazer manutenção, você não segura mais o monitoramento que devia fazer todo o dia. Você deixa de fazer isso. Se você deixa de acompanhar parâmetros importantes de uma barragem desse porte em cima de uma cidade, você sabe que está começando a correr um risco.* (Programa entre aspas, ESTON, 2015)

Especialistas como Eston e Abrão consideram que a assimetria de informações foi fator determinante para o rompimento da Barragem de Fundão, afinal, "quando se passa a fazer medições de vários vetores, pode-se chegar, dentro de quatro ou cinco meses, e ver que a barragem está rompendo. Ou seja, não se utilizou as informações", negligenciando-as. Com sistemas modernos é possível fazer avaliações mensais da segurança da barragem. De posse do relatório é possível medir, avaliar, verificar, e tomar as decisões corretivas e preventivas que compõem as métricas de segurança de barragens (Alves, 2015:22). Com os dados supracitados, verifica-se uma relação entre intensificação do processo produtivo e a necessidade de megaestruturas, como é o caso das barragens, devido à necessidade do descarte de rejeitos do processo mineral. Constituem-se de tal forma "riscos potenciais para o meio ambiente e a sociedade que vive em seu entorno". Vale ressaltar que a Barragem de Fundão era relativamente nova. Tendo, a sua operação, início em 2008. Dois anos depois, em 2010, passa pelo processo de alteamento, onde a previsão de vida útil da barragem foi estimada para operação até 2022. Em 2012 e 2013 foram feitos novos estudos pelos órgãos ambientais de Minas Gerais, relatou-se a saturação precoce da barragem, devido à expansão do projeto P4P, já estando no limite de sua capacidade total (Milanez; Santos; Mansur, 2016:68).

O rompimento de barragens de rejeitos não é novidade do setor mineral no Brasil e no mundo. Observa-se também que diversas barragens já sofreram rupturas, devido ao processo de monitoramento precário. Todos esses problemas decorrem da irreversibilidade e 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". Em Minas Gerais, desde 1986, foram registrados sete casos de rompimento de barragens de rejeito, demonstrando a atuação da lei da entropia, conforme tabela 1 (IBAMA, 2016).

Tabela 1: Rompimento de Barragens no Estado de MG (1986-2017)

Município	Ano	Nome	Tipo
Itabirito	1986	Barragem de Fernandinho	Barragem de rejeitos minerários.
Nova Lima	2001	Barragem de Macacos	Barragem de rejeitos minerários.
Cataguases	2003	Barragem em Cataguases	Barragem de rejeitos industriais.
Miraí	2007	Barragem da Rio Pomba/Cataguases	Barragem de rejeitos minerários.
Itabirito	2014	Barragem da Herculano.	Barragem de rejeitos minerários.
Mariana	2015	Barragem Fundão	Barragem de rejeitos minerários.
Mariana	2015	Barragem Santarém	Barragem de rejeitos minerários.

Fonte: Adaptado pelo autor – IBGE (2016)

Cechin & Veiga (2010:43) quando tratam da segunda lei da termodinâmica (lei da entropia), consideram que "a quantidade de matéria e energia incorporado aos bens finais é menor do que aquela contida nos recursos utilizados em sua produção". Dessa forma, parte da energia e do material de baixa entropia se transforma imediatamente em resíduos, que nesse caso é caracterizado pela lama de rejeitos. Por esta perspectiva observa-se o grande problema no qual a sociedade está inserida, pois estimativas não oficiais consideram que no Brasil existem aproximadamente 663 barragens de rejeitos de mineração e 295 barragens de resíduos industriais, tendo acontecido aproximadamente 77 rompimentos em todo o país, embora com pouca repercussão midiática.

Os impactos ambientais, sociais e econômicos no caso da Barragem de Fundão são avassaladores, representando o maior acidente ambiental da história do Brasil e um dos maiores do Mundo. O EIA-RIMA do empreendimento possuía uma previsão totalmente diferente do ocorrido, demonstrando que o licenciamento ambiental do Brasil é frágil, pois não se considera o pior cenário. A lama produziu destruição por 663 km nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, adentrando 80 km^2 o mar do Estado do Espirito Santo. "Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Gesteira, a cidade de Barra Longa e outros cinco povoados no distrito de Camargo, em Mariana, foram completamente arrasados pela lama, causando inclusive perdas humanas em Bento Rodrigues". Foram 19 mortos/desaparecidos, mais de 1.200 pessoas desabrigadas, pelo menos 1.469 hectares de terra destruídos, incluindo áreas de proteção permanente (APP) e unidades de conservação ambiental (UC). Pescadores, ribeirinhos, agricultores, assentados da reforma agrária, populações tradicionais, moradores, indústrias, empresários, comerciantes, prefeituras, entre tantos outros *stakeholders*, tiveram prejuízos que necessitam de uma contabilização, afinal, quem pagará por isso? (Manzur: Wanderley: *et al*. 2016:31).

Diversas cidades tiveram seu abastecimento de água interrompido, gerando desconforto e prejuízos a milhares de pessoas. "Os efeitos da lama e da falta de água refletiram sobre residências e prejudicaram atividades econômicas, de geração de energia e industriais, " onde não se pode esquecer dos impactos ecossistêmicos e diversas perdas humanas e animais, algumas de espécies ameaçadas de extinção. (Manzur: Wanderley: *et al*. 2016:31-32). Dessa forma:

> *O rompimento da barragem de rejeitos tende a causar, ainda, uma série de impactos socioambientais de curto, médio e longo prazos. O principal impacto imediato foi a total destruição de residências,*

> *infraestrutura e ainda de áreas de pastagem, roças e floresta. Além da perda de vidas humanas, houve também a morte de animais domésticos e silvestres. Uma parte considerável da calha do rio Doce foi assoreada, o que deverá aumentar os riscos de enchentes nos próximos anos e mudar a dinâmica de inundações; partes que antes não eram ocupadas pelas águas durante as cheias devem passar a ser atingidas.* (MANZUR; WANDERLEY; *et al.* 2016:32)

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, sendo grande parte dessas pessoas nem possuem relação com a mineradora, e seu entorno. Várias dessas pessoas inclusive acreditam que "o pior já passou". A vida de muitas famílias tende a piorar nos próximos anos, devido a outras perdas materiais, advindo por exemplo da nova dinâmica de inundações. Para além dessas perdas, a saúde da população pode ser prejudicada, acarretando maiores investimentos públicos, o que implica no aumento de impostos ou no corte verbas em outras áreas. Esses valores e vários outros, muitos até com alta complexidade de valoração, não estão sendo considerados, mas deveriam. Hoje não se faz ideia do impacto monetário real quando se pensa nas famílias atingidas, imagine então quando o enfoque é dado sobre o ecossistema. Dessa forma:

> *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-A:45)

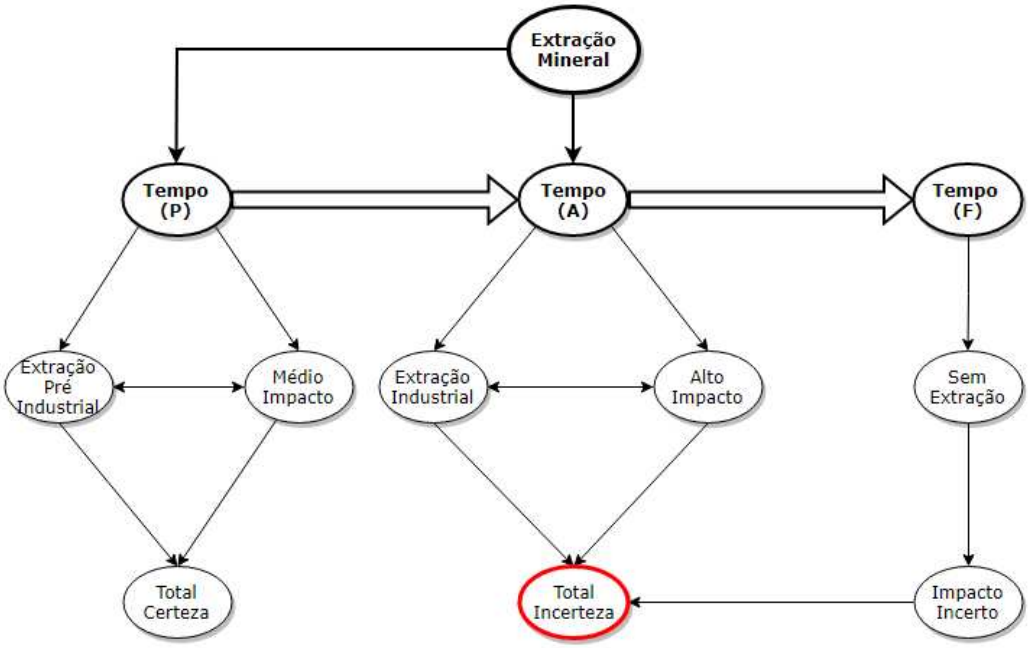
Diante de tamanha catástrofe ambiental, social e econômica, emerge a necessidade de uma maior compreensão a respeito das barragens de rejeitos de minérios, adentrando a questão mineral do País. As reflexões que se devem tomar, diante de tamanho descaso público e privado, referem-se às questões temporais de curtíssimo e longuíssimo prazo. Afinal:

> *Resta-nos saber (ou prever) quanto ficará ainda mais pesada a carga. Grande parte dela já foi jorrada pelo trio Samarco/Vale/BHP Billiton em novembro de 2015. E quantas mais cargas* teremos que aguentar nas costas desse sistema de exploração mineral? (TROCATE E ZONTA, 2016: 12-13)

3. ENSAIO TEÓRICO

Para ilustrar a problemática desse trabalho, serão consideradas três análises temporais, separadas por séculos, onde o **tempo (P)** será o **período passado** (colonial e pré-industrial) que deixou sua marca na história e não há capacidade de mudança. O **tempo (A)** refere-se ao **período atual**, que está sendo construída a sua história. De modo que ainda há tempo de reversão para problemas ecossistêmicos que possam prejudicar a nossa e outras espécies. Por fim, será considerado **o tempo (F)**, um **período futuro**, considerando várias gerações que ainda não tiveram sua história no planeta e que são dependentes da dialética capital/natureza e natureza/capital do tempo (A) para construir sua história, conforme o modelo 1.

Modelo 1: Relação de três temporalidades e o setor extrativo mineral.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A compreensão que se espera com o primeiro modelo, se dá como condição da forma extrativa, seu impacto ao meio ambiente, e o grau de certeza da condição analisada. O tempo (P), está entre os séculos XVII à XIX, que teve sua operação extrativa com baixa capacidade produtiva e médio impacto ambiental. Quando se pensa em barragens no tempo (P) não se visualiza nenhuma com potencial destrutivo minimamente próximo a Barragem de Fundão. Considera-se assim, como elemento-chave, o período pré-industrial, pois representa um impacto substancial em comparação com o colonial. Por ser um período anterior ao atual, onde se têm total certeza dos impactos causados pela extração mineral desse período colonial e pré-industrial e as suas possíveis resiliências ecossistêmicas.

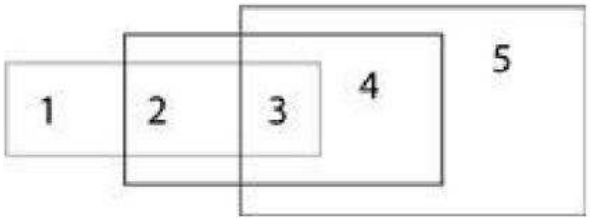
O tempo (A), que representa o início do século XXI, herdou as condições de (P), e dessa forma houve uma evolução na forma de extração, dado a tecnologia e inovação, que evoluiu ao longo do tempo. Em contrapartida, em razão da alavancagem na capacidade produtiva, o impacto ambiental é exponencialmente superior ao do período (P), donde estes habitantes não fariam ideia dos problemas atuais – bem como não se faze dos problemas que ocorrerão daqui a cinco séculos. No tempo (A) a única certeza é a incerteza, conforme o fato de que não há nenhuma estimativa minimamente satisfatória, perto da grandeza do "desastre de Mariana". Dessa forma, no tempo (A), considerando as centenas de barragens de rejeitos espalhadas no Brasil (e por que não no mundo?), se encontram em grandes dificuldades de previsões de desastres menores, iguais ou maiores que a Barragem de Fundão. Quando correrá quando? Daqui a alguns meses? Daqui a uns anos? Em algumas décadas? Séculos? Nesta última pergunta, entra-se no tempo (F), pois se sabe que mais cedo ou mais tarde, tais eventos irão ocorrer, devido à lei da entropia.

Para iniciar a análise do tempo (F) será considerada a crítica de Romero (2010:18-19) a respeito dos trabalhos do Howarth & Norgaard (1995). Dado que no esquema analítico convencional o altruísmo é uma espécie de mito, visto seu postulado sobre o comportamento humano. Como garantir que as gerações presentes serão benevolentes com as futuras? Howarth & Norgaard (op.cit) consideram que a atitude da geração presente para com a futura representa

uma alocação temporal de recursos entre gerações. Intitulando como *laissez-faire* altruísta, "onde cada geração busca deixar uma herança para a geração seguinte" (figura 1). Dessa forma o modelo de gerações entrelaçadas (*overlapping generations*) consiste no estabelecimento altruísta da cadeia geracional. Romeiro objurga essa ideia devido ao "fato básico de que as consequências dos problemas ambientais globais recairão muito mais à frente no tempo, sobre uma descendência remota de cada família". Complementa sua análise considerando o estudo de Daly & Cobb (1989), onde:

> *[...] observam que em cinco gerações cada membro da última será um descendente de 16 pessoas de diferentes origens. Desse modo, não faz muito sentido alguém se preocupar e tomar alguma atitude em relação a deixar uma herança para descendentes longínquos (contendo apenas 1/16 de sua herança genética).* (ROMEIRO, 2010:19, *apud*, DALY & COBB, 1989

Figura 1: O modelo de gerações entrelaçadas e o "*laissez-faire*" altruísta



Fonte: Romeiro, 2010, *apud*, Howarth e Norgaard (1995)

Torna-se então incoerente acreditar que os indivíduos irão se preocupar com descendentes tão distantes. As pessoas visam melhorar o bem-estar apenas das gerações presentes, onde o modelo de gerações entrelaçadas faria maior sentido caso não houvessem evidências de determinados países a curva de Kuznets vem regredindo a cada período geracional. Romeiro conclui que:

> *[...] o sentimento altruísta necessário para induzir atitudes solidárias em relação a gerações tão distantes no tempo (e tão diferentes geneticamente) só pode ser um sentimento não filial de desprendimento. No entanto, se este sentimento existe, então o bem-estar das gerações futuras se torna um bem público e, como tal, exige uma ação coletiva da sociedade organizada para evitar que essa transferência de recursos entre gerações venha a ser considera injusta.* (ROMEIRO, 2010:19)

Surge então a necessidade de se pensar nas gerações futuras, de forma coletiva, e como um bem público, a fim de proteger a sobrevivência da espécie humana e demais seres vivos do planeta, além de transferir recursos de uma forma equânime. Não se pode confiar nos indivíduos e/ou empresas para esta missão, dado que o pensamento econômico convencional (neoclássico) não se preocupa com questões morais e éticas. Uma prova disso observa-se pela revolução científica, que conforme Harari (2015:389) enche de orgulho todas as conquistas sem precedentes da espécie humana, sendo ignorados completamente o destino de todos os outros animais. Boa parte da riqueza material que protege os humanos de doenças se tornou possível às custas de macacos e ratos de laboratórios. Observa-se que muitos animais são apenas um apêndice do processo produtivo, como vacas leiteiras, porcos e frangos. Todos submetidos a uma exploração industrial de tamanha "crueldade que não há precedentes nos anais do planeta Terra". Considerado uma pequena fração das lutas dos ativistas pelos direitos dos animais, "a agricultura moderna poderia muito bem ser o maior crime da história". Toda essa maquinaria é

defendida pela teoria econômica convencional, que fecha os olhos para o sofrimento das demais espécies.

Criando dessa maneira a necessidade de interferência do poder público em tais questões, pois são os agentes do povo (presentes e futuros) que podem criar políticas com a finalidade de oferecer ao menos uma chance de sobrevivência às demais gerações, não apenas humanas. Espera-se que as ordens sociopolíticas possam confiar em métodos mais científicos no futuro, onde as tentativas modernas foram para lados ideológicos que pouco contribuem com os pontos elencados acima. Harari (2015:263-264) considera que houve dois métodos não científicos na busca de uma equalização da ordem sociopolítica, sendo:

1) Tomar uma teoria científica e, em oposição a práticas científicas comuns, declarar que é uma verdade final e absoluta. Esse foi o método usado por nazistas (que afirmaram que suas políticas raciais eram corolários de fatos biológicos) e comunistas (que afirmaram que Marx e Lenin haviam revelado verdades econômicas que jamais poderiam ser refutadas);
2) Deixar a ciência fora disso e viver de acordo com uma verdade absoluta não científica. Essa tem sido a estratégia do humanismo liberal, que se baseia em uma crença dogmática nos direitos e no valor singular dos seres humanos – uma doutrina que tem embaraçosamente pouco em comum com o estudo científico do Homo sapiens.

Retomando o tempo (F), este, por sua vez possui sua total dependência de (A), onde todos os fatos e problemas serão derivados de (A). Estamos aqui considerando cinco séculos à frente (século XXV), e cinco para trás (século XVII). Se torna axiomática nesse modelo a falta de recursos minerais no território em questão. Dada a capacidade atual de extração, no tempo (F) não haverá minério para extrair em mais de um século - imaginem em cinco. Várias das minas possuem previsão de estoque para de 30 a 50 anos, e considera-se que após esse período, as barragens de sedimento podem ser mineradas. Fica evidente que em consonância com o conhecimento e tecnologia atual, não será possível no tempo (F) aproveitar a bonança mineral da época do ouro, como no tempo (P) e do minério de ferro, do tempo (A).

Diferentemente do ocorrido no tempo (P) onde se esgotou o ouro, não existiram grandes avanços com relação ao minério de ferro, deixando tais riquezas a serem exploradas ao longo do tempo (A). Portanto, no tempo (F) a probabilidade de possuírem recursos minerais está bem distante da ciência moderna, gerando dessa forma a hipótese de que não haverá extração mineral (pelo menos não como se conhece hoje). Dessa forma, culminando em um impacto incerto, devido à dependência do tempo (A). As expectativas para (F) a nosso ver, não são nada favoráveis.

As relações de (P) com (A), não serão consideradas nesse trabalho, devido ao fato de já terem ocorrido. Todavia, deve-se entender que no curtíssimo prazo se dá em (A), onde a total incerteza é eminente, sendo necessária sua compreensão e ação, sob esquemas como por exemplo o “Pressão-Estado-Resposta”.

O tempo (F) é considerado de longuíssimo prazo (ou prazo secular), onde deriva de (A) suas condições de dependência. Depende de (A) para que (F) tenha ou não impactos tão complexos quanto os atuais. Espera-se que a humanidade não deixe como herança às gerações futuras esse terrível legado, pois os recursos serão ainda mais escassos. Imagine o rompimento de uma barragem de rejeito do Complexo dos Carajás/PA, afetando diretamente o Rio Amazonas. O homem tem uma capacidade de modificadora, donde Romeiro (2010:5), alerta que “um ecossistema em equilíbrio não quer dizer um ecossistema estático. Tudo se modifica,

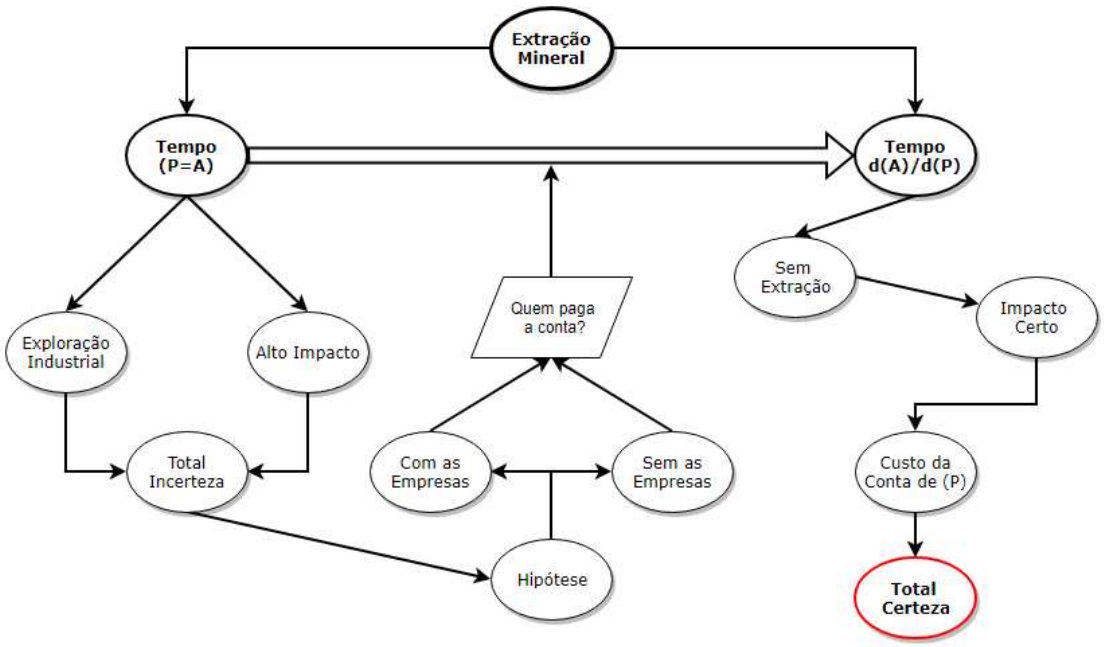
transformando-se em um sistema dinâmico, que em condições normais é mais lento, porém as interações humanas podem transformar o processo mais rápido do que se pode imaginar".

Destarte, pela perspectiva de curtíssimo prazo, torna-se necessária uma reflexão com relação às barragens de rejeitos que estão ou não em operação no Brasil. O que ocorreria caso alguma das centenas de barragens rompessem, da forma como ocorreu com a Barragem de Fundão? Quais os planos de gerenciamento de riscos das empresas? Qual o planejamento estratégico de longo prazo para tais questões? Quais os impactos ecossistêmicos dado o rompimento? Como o Estado visualiza esse cenário, na busca de atuar como mediador dos interesses entre as populações e as instituições? Quais as principais normas e suas possíveis incoerências no que tange às políticas públicas do setor mineral? As normas reguladoras de mineração – NRM – atendem as necessidades das populações (presentes e futuras)? Aquelas empresas que suspenderam ou fecharam a mina possuem planos de contingência para as barragens de rejeitos? Para as empresas em atividade, como foi planejado o seu fechamento de mina no que se refere ao problema das barragens? Os licenciamentos ambientais e seus EIA/RIMAS são coerentes com quais interesses? Qual a capacidade de escala material desse setor? Essas são apenas algumas questões que visam nortear futuros trabalhos na perspectiva de curtíssimo prazo. Entenda-se que o que está sendo considerado sob esta perspectiva é a seguinte reflexão: "rompeu, e agora"?

Diante do conteúdo aqui exposto, buscar-se-á a compreensão desses problemas pela ótica da economia ecológica, partindo da discussão clássica de alocação de recursos e da repartição da renda, e tratando da questão da escala. Busca-se dessa forma compreender a escala ótima que reage ao "aumento físico do subsistema econômico passa a custar mais que o benefício que pode trazer ao bem-estar da humanidade", afinal, qual o prazo de validade da espécie humana? Para responder a essa questão é fundamental compreender o Metabolismo Industrial que se não for bem tratado, pode colocar a humanidade em seu sistema digestivo (CECHIN & VEIGA, 2010-A:46).

Analisando pelo tempo (A) observa-se que a responsabilidade recaiu sobre a empresa que estava em operação, mas a pergunta que necessita de uma maior reflexão, é: e se a Samarco S/A não existisse, quem pagaria pelos danos ambientais, sociais e econômicos? Dessa forma, buscando uma análise inversa temporal, e levando-se em consideração que a referida barragem tivesse sido construída no tempo (P), os custos de tal impacto recairiam sobre quem no tempo (A)? No tempo (P) pode-se pensar no exemplo da Companhia "*The Ouro Gold Mines of Brazil Limited"* - (1883-1927) - antecessora da "*Companhia Minas da Passagem"* - (1927-1976), que não mais existe, mas que teve sua glória na exploração de ouro. Dessa maneira, surge a necessidade de um novo modelo fictício, conforme a estrutura abaixo:

Modelo 2: Relação inversa temporal, onde (P)=(A) e $\frac{d(A)}{d(P)}$ e o setor extrativo mineral



Fonte: elaborado pelo autor (2018)

O modelo 2 busca fazer uma inversão temporal, onde o tempo (P) é igual ao tempo (A), ou seja (P=A), e que a Barragem de Fundão tenha sido construída em 1606, ocasionando duas possíveis situações:

1) Se romper na tarde do dia 05 de novembro de 1615;
2) Durar por um período indeterminado, vindo a se romper no tempo (A).

A primeira situação é problema "deles", afinal, não existe o século XXI, e as próximas gerações irão herdar o que, porventura, as atuais venham a disponibilizar. Não há como escapar do passado, pois sua história já foi construída. Já na segunda situação pode ocorrer com o rompimento exatamente no ano de 2015, ou seja $\frac{\boldsymbol{d(A)}}{\boldsymbol{d(P)}}$, que deve ser compreendido como (A') derivando de (P'), cabendo assim fazer algumas análises a respeito.

Consequentemente, o tempo (P=A) possui uma exploração industrial avançada e um impacto inversamente proporcional a este avanço industrial. Tendo isso como verdade, entra-se no cenário de total incerteza, pois não se consegue visualizar o futuro. Dessa forma aparecem duas hipóteses relativas as empresas de extração mineral no período $\frac{\boldsymbol{d(A)}}{\boldsymbol{d(P)}}$. Elas continuarão atuando ou estarão fora do mercado?

Tendo em vista, os caminhos pelos quais as empresas sobrevivem, podem ser representadas da seguinte forma:

1) A Samarco/Vale/BHP Billiton foram criadas no século XVII e estão até hoje $\frac{d(A)}{d(P)}$ na ativa;
2) A história da Samarco/Vale/BHP Billiton, ser parecida com "*The Ouro Gold Mines of Brazil Limited"* tendo seu capital pulverizado e consequentemente saindo de atividade.

Dessa forma surge o dado (quem paga a conta?), podendo ser a Samarco, como no caso (A), a ponto que $\frac{d(A)}{d(P)}$ não haverá empresa e todo o custo recairá nas costas da população (não muito diferente de hoje).

Por conseguinte, o tempo $\frac{d(A)}{d(P)}$, será considerado à ideia de que não haver extração (pelo menos não como se conhece), tal como o impacto é certo e os custos e danos recairão sobre algum agente (empresa ou sociedade). Portanto, há total certeza que o impacto ocorrerá, afinal, "tudo que é sólido se desmancha no ar".

O modelo 2 cria a simulação em que a Barragem de Fundão corresponde ao tempo (P=A), e levando em consideração que tais empresas não existem, onde os lucros/prejuízos já foram repartidos entre os acionistas, os danos ambientais, econômicos e sociais já instaurados, como ficaria a situação da população no tempo $\frac{d(A)}{d(P)}$? Deve ficar claro que tal impacto não ocorreria, considerando que a forma de extração mineral à época pré-industrial/colonial ser bem menos agressiva que a atual era industrial. Destarte, esse é um exercício mental que este trabalho visa analisar, pois considerando a simulação em que a mineração pré-industrial/colonial (P=A) representaria tamanho impacto às gerações futuras $\frac{d(A)}{d(P)}$. Nasce assim a necessidade de se pensar no longuíssimo prazo, em que retorna para ao período (A), sendo necessário pensar nas gerações futuras (F).

Espera-se que, dessa forma, não se repitam barbáries ambientais e sociais das eras pré-industriais, como as ocorridas na Londres dickensiana, e dos nossos tempos como acidentes nucleares e tragédia de Mariana. Que o "admirável mundo novo" seja diferente do vislumbrado por Aldous Huxley, George Orwell, Alan Weisman, entre outros escritores que não enxergavam com bons olhos o futuro da espécie humana. A dinâmica da tomada de decisões sob a incerteza é algo que se converte em obrigação moral e ética, apesar de sua grande complexidade.

O tempo (A) possui uma expressão objetiva de análise, dado que a representação relativa do objetivo consiste em forma de matéria, onde se terá o cuidado de não cair no relativismo. Posto isto, o presente trabalho propõe uma análise descritiva e exploratória do objeto em questão: barragem de rejeitos minerais.

Já o tempo (F) tem suas características subjetivas, em que buscará uma análise normativa, considerando algumas questões que estão no arcabouço do pensamento da Economia Ecológica.

Busca-se então a compreensão e análise de dois tempos (A) e (F), desconsiderando o tempo (P). Dessa forma, o presente trabalho pretende pensar nos seguintes problemas: **o que ocorreria com a Sociedade, o Estado, a Empresa e os Ecossistemas do entorno das barragens de minérios de ferro se o rompimento fosse hoje? Na perspectiva de longuíssimo prazo (prazo secular) como tal situação se desenrolaria?**

Espera-se que ao analisar estes dois problemas, afim de melhorar a compreensão das responsabilidades públicas e privadas com relação às barragens de rejeitos de minério, bem

como identificar sobre quem recairiam os custos ambientais, sociais e econômicos em ambas as perspectivas temporais (A) e (F). Ressalta-se que boa parte do enfoque desse trabalho se dará na perspectiva (F), considerando que no longuíssimo prazo tais empresas podem não mais existir, tornando o monitoramento ainda mais brando (se houver), com um problema ainda mais grave devido ao fato de que todos os custos recairão sobre às gerações futuras. Para tal, é necessário avaliar as Políticas Públicas atuais, a fim de poder auxiliar os gestores públicos a considerarem e respeitarem as gerações futuras, dado o princípio da precaução. Esse princípio é importante devido:

> *A noção de incerteza ter substituído a noção de probabilidade, o que significa uma admissão da incapacidade da sociedade de prever perdas catastróficas irreversíveis. A ciência se tornou crescentemente questionada pelo fato de levantar, nesses casos, mais dúvidas do que propor soluções. Foi isso que levou a sociedade a buscar segurança em meio à incerteza por meio do princípio da precaução.* ROMEIRO (2010:23)

Deve-se analisar as principais barragens de rejeitos de minérios, valendo-se de metodologias e técnicas de várias áreas do conhecimento, como: antropologia, sociologia, filosofia, direito, contabilidade, ecologia, administração, economia, geografia, história, entre tantas outras. Essa é a proposta do campo de atuação da Economia Ecológica, sendo: pluridisciplinar, multidisciplinar e transdisciplinar.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho busca compreender alguns problemas sob óticas temporais: presente e futura, utilizando a ótica da Economia Ecológica. Para compreender as contribuições dessas escolas, a análise se deu no setor mineral, mais especificamente das empresas que extraem minério de ferro em sua essência.

Conhecida como a "tragédia de Mariana" o problema a qual foi tratado é o rompimento da barragem de rejeitos da mineradora Samarco, onde 80 milhões de lama foram despejado nos ecossistemas locais e regionais. O impacto não foi apenas ambiental, pois vidas foram perdidas (humanas e animais), pessoas desaparecidas, colapsando em cidades decretando estados de urgência e/ou emergência ao longo do seu rastro, além do decreto de algumas em estado de calamidade pública.

Com o objetivo de buscar alternativas para que outras "tragédias" não ocorram, mas cientes de que irão ocorrer, pretende-se pensar soluções em suas tratativas, que contemplem todos os envolvidos: dos movimentos sociais aos empresariais. Deve-se pensar as principais barragens de rejeitos no Brasil. A atual tecnologia e os custos de produção das empresas mineradoras do Brasil forçam a opção por barragens de rejeitos, podendo ocasionar problemas futuros para grande parte do ecossistema, já que mais cedo ou mais tarde as mineradoras explorarão os minérios de pureza inferior ao nível atual, criando grandes barragens de rejeito.

Devido a proposta apresentar vários envolvidos, espera-se compreender as situações que ocorreriam no curtíssimo e longuíssimo prazo sob o rompimento do objeto de estudo, barragens de mineração, compreendendo a sua profundidade, e buscando uma análise holística e intensiva dos fatos. Para tal, a escolha desse método se dá pelo modo de investigação empírica do fenômeno, que não pode ser isolado de seu contexto, de forma a buscar sua interpretação e dando a liberdade ao pesquisador para contribuições e preposições. Sendo assim, o estudo de caso é uma boa opção para se investigar os fenômenos, pois:

> *O estudo de caso estar centrado em uma situação ou evento particular cuja importância vem do que ele revela sobre o fenômeno objeto de investigação. Essa especificidade torna o estudo de caso um tipo de pesquisa especialmente adequado quando se quer focar problemas práticos, decorrentes das intrincadas situações individuais e sociais presentes nas atividades, nos procedimentos e nas alterações cotidianas.* (GODOY, 2010:121)

O escopo então é definido pela questão mineral do país, onde os objetos analisados são as barragens de rejeito da mineração. A perspectiva temporal da análise consistirá no curtíssimo prazo, que busca compreender a seguinte pergunta: **"rompeu, e agora? "** E a de longuíssimo prazo (ou prazo secular), no qual cabe compreender os nossos impactos para as futuras gerações e avaliar as suas externalidades.

Referências

ALVES, F. Uma barragem nunca é segura. Ela apenas está segura. Brasil Mineral, ed. Jun. p. 20-23, 2015.

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. Rev. Econ. Polit., São Paulo , v. 30, n. 3, p. 438-454, Sept. 2010(B).

CECHIN, Andrei Domingues; VEIGA, José Eli da. 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(A).

ENRIQUEZ, Maria Amélia. Economia dos recursos naturais. In: MAY, Peter H (Org). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ESTON, S. M. d. A tragédia na mineradora em Mariana e os impactos ambientais/Entrevistador: M. Waldvogel. Entre Aspas (11/11/2015), 2015.

GODOY, Arilda Schmidt. Estudo de caso qualitativo. In: GODOI, Christiane; MELLO, Rodrigo. SILVA; Anielson (Org). Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, Estratégias e Métodos. 2° ed. São Paulo: Saraiva: 2010.

HARARI, Yuval Noah. Sapiens: uma breve história da humanidade. L&PM Editores, São Paulo/SP, 2015.

IBAMA. Relatório Acidentes Ambientais 2016. Brasília: IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2016.

IMF. International Monetary Fund. Disponível em: http://imf.org/en/Data.

ITC. Trade Map: trade statistics for international business development. Acessado em: 20/12, 2017. Disponível em: http://www. trademap.org/

MANSUR, WANDERLEY, et al. Antes fosse mais leve a carga: introdução aos argumentos e recomendações referente ao desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton. In: Trocate, C (org) e Zonta, C (org). 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,

MILANEZ; SANTOS e MANSUR. A firma e suas estratégias corporativas no pós-boom das commodities. In: Trocate, C (org) e Zonta, C (org). 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,

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, Peter H (Org). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SAES, Beatriz Macchione, Comércio ecologicamente desigual no século XXI: evidências a partir da inserção brasileira no mercado internacional de minério de ferro. Tese de doutoramento – Campinas, SP: 2017.

TROCATE, Charles; ZONTA, Márcio. 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.

VEIGA, Fernando Cesar; MAY, Peter H. Mercados para serviços ambientais. In: MAY, Peter H (Org). Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.