

TAVOLARO, Sergio Barreira de Faria. **Movimento ambientalista e modernidade: sociabilidade, risco e moral.** 1998. 179f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Campinas, SP. Disponível em <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/278758>. Acesso em 05 out. 2020.

TUMELERO, Silvana Marta. Intersetorialidade nas políticas públicas. **Guaju, Matinhos**, v.4, n.2, p. 211-230, jul./dez. 2018. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/guaju/article/view/62201>. Acesso em 05 out. 2020.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Trade and Environment Review 2009/2010.** 2010. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted20092_en.pdf. Acesso em 15 out. 2020.

VASCONCELOS, Yuri. **Agrotóxicos na berlinda.** Proposta sobre nova regulamentação de pesticidas acirra debate acerca desses produtos, que permitem agricultura em larga escala mas apresentam riscos ao ambiente e à saúde da população rural. Setembro/2018. PESQUISA FAPESP 271, p. 18-27. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/agrotoxicos-na-berlinda/#:~:text=Em%202017%2C%20os%20agricultores%20brasileiros,a0%20Minist%C3%A9rio%20do%20Meio%20Ambiente>. Acesso em 05 out. 2020.

VOS, Femke; RODRIGUEZ, Jose; BELOW, Regina; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disaster Statistical Review 2009: the numbers and trends.** Brussels: CRED, 2010. Disponível em http://cred.be/sites/default/files/ADSR_2009.pdf. Acesso em 05 out. 2020.

**Melhores e mais justas técnicas para
o gerenciamento de rejeitos de mineração:
inflexões no direito e contribuições da
geoética pós-catástrofes em Mariana (2015) e
Brumadinho (2019), Minas Gerais**

*Luciano José Alvarenga*¹

*Úrsula Ruchkys de Azevedo*²

*Paulo de Tarso Amorim Castro*³

Introdução

A mineração tem como objetivo a extração de material geológico para utilização pela humanidade: os denominados *recursos minerais*. No processo de obtenção desses recursos, são etapas importantes a remoção do material rochoso em que os minerais se encontram, o que produz o estéril, e a remoção de um material não utilizável, o rejeito. Rejeitos são materiais sólidos, sem valor econômico e descartáveis, gerados a partir do beneficiamento dos minérios, ou seja, do processo industrial de

¹ Doutor e Mestre em Ciências Naturais pelo Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Doutorando em Ciências Jurídicas pela Universidade do Minho, Braga, Portugal.

² Doutora em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Bacharel em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora associada do Departamento de Cartografia e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia e em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

³ Doutor em Geologia pela Universidade de Brasília. Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto. Graduação em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor titular da Universidade Federal de Ouro Preto.

concentração do recurso de valor econômico. No estágio econômico mundial atual, em que há demandas de recursos minerais em larga escala, duas grandes preocupações de ordem social e ambiental emergem: (1) como dispor com segurança o estéril e o rejeito da extração de recursos minerais, cada vez maiores em volume; (2) como mantê-los em situação estável em relação a deslocamentos e inerte em contato com o meio ambiente. Por vezes, é difícil dimensionar o quanto de estéril e rejeito é exposto e acumulado junto à superfície do solo. Tomem-se dois recursos minerais bem conhecidos como exemplos: o ouro e o ferro. O teor ou concentração de ouro em rochas na região de Paracatu (MG), extraído por uma empresa de mineração, é de cerca de 0,40g por tonelada (0,40g/1.000.000g) de minério. Isto significa que para produzir 1g de ouro é necessário espaço para estocar 2,5Ton de rejeito, de forma segura e que seja inerte no meio ambiente. O minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero (MG) tem o teor de aproximadamente 50% de ferro. Assim, para produzir uma 1Ton de ferro, é liberado como rejeito algo em torno de 1Ton, sem considerar o estéril.

As partículas que compõem os rejeitos de mineração podem ter tamanhos variados, normalmente sendo granulares (maiores que 0,05mm), finos (menores que 0,05mm) e lamas (menores que 0,01mm) (Wolff; Costa; Dutra, 2009), dependendo das características da frente de lavra e do minério extraído. O tamanho das partículas de rejeito importa na escolha do modo de estocagem, sendo os mais grossos facilmente separados da água, retidos ou estocados em pilhas, menos susceptíveis a escorregamentos. Os mais finos são frequentemente estocados em barragens de rejeito (CASTRO; NALINI JR; LIMA, 2015).

No Brasil, onde grande parte das jazidas se encontra em áreas de climas úmidos, principalmente nos biomas Mata Atlântica e Amazônia, o processo de beneficiamento envolve adição de água, produzindo considerável volume de lama de rejeito, constituída principalmente por material sólido com água retida entre as partículas. Dados sobre características dos rejeitos de minério de ferro obtidos em usinas de

beneficiamento de minas de ferro no Quadrilátero Ferrífero indicam que a razão entre rejeito grosso e rejeito fino é muito variável, variando entre 9/1 e 1/2,5 (BEZERRA, 2017). Apesar de existirem técnicas para separar o material particulado da água, visando à estocagem de rejeito, no Quadrilátero Ferrífero, praticamente todas as instalações de beneficiamento de minério de ferro usam barragens como opção técnica para a disposição de rejeitos.

As barragens de rejeitos são estruturas de contenção construídas para a estocagem de rejeitos. A definição do tipo de barragem de rejeito e sua localização leva em consideração os aspectos geomorfológicos regionais. Por exemplo, as barragens são construídas em bacias hidrográficas, interrompendo o fluxo de água superficial, como é o caso da mineração de ouro em Paracatu (MG). Já no Quadrilátero Ferrífero, uma região com muitas serras, a maioria dos rejeitos de minerações de ferro é estocada nas barragens construídas nas cabeceiras de drenagens, cuja configuração morfológica é de vales profundos. Na construção de ambas as barragens, levanta-se, inicialmente, uma obstrução transversal ao vale, cuja altura é de poucas dezenas de metros, denominado dique de partida, construído sobre terreno natural e constituído por material argiloso ou por blocos rochosos compactados, por vezes assentado sobre rocha, retirando-se o solo. A função do dique de partida é reter os rejeitos nos anos iniciais da lavra. À medida que surge a necessidade de espaço para armazenar rejeitos, a opção técnica é a elevação da crista do dique de partida, o que se dá por ampliação da altura do barramento em uma etapa denominada *alteamento da barragem*. Tais alteamentos podem ser construídos pelos métodos a montante, a jusante e de linha de centro, cada qual com suas particularidades técnicas (ARAÚJO, 2006). Há outros modos de disposição de rejeitos de mineração, que são utilizados em função das características físicas e químicas do recurso mineral, do volume de minério a ser extraído e do sequenciamento das operações de extração e de beneficiamento (FRANCA, 2009), que é a etapa de realizar a limpeza do minério e o adequar às características do processo industrial subsequente. No entanto,

as empresas mineradoras optam pelas técnicas de disposição de rejeitos com base em critérios econômicos, e tendem a estender a vida útil das instalações já existentes — as barragens de contenção de rejeitos, pois a disposição de rejeitos, em termos de tipo e localização, é considerada um investimento sem retorno a curto e médio prazos (LOZANO, 2006).

A ênfase na manutenção ou na ampliação dos lucros da extração mineral, em detrimento da consideração a variáveis ambientais e sociais, não é compatível, entretanto, com diretriz ética afirmada pela Constituição da República Federativa do Brasil (1988) – CRFB (artigo 170, VI). Segundo ela, a defesa do meio ambiente, que abrange geodiversidade, biodiversidade e patrimônio cultural, deve ser realizada como princípio da ordem econômica. Concretamente, na extração e no aproveitamento dos recursos naturais e de produção de bens a partir desses recursos, deve-se zelar pela proteção ambiental.

A disposição de rejeitos da mineração em barragens produziu catástrofes ambientais e sociais de alcance superlativo em Minas Gerais, em especial na região do Quadrilátero Ferrífero, uma das mais importantes províncias minerais do Brasil (RUCHKYS; CASTRO; MIRANDA, 2019; SILVA, GURGEL e FREITAS, 2019). Em contrapasso, essas catástrofes induziram e fortaleceram reflexões críticas sobre as diretrizes éticas e jurídicas nas quais se baseiam a concepção, instalação e gestão de tais estruturas. Após apresentação em recortes de fatos relevantes atinentes às catástrofes da mineração em “Fundão” (Mariana/2015) e “Córrego do Feijão” (Brumadinho/2019), disserta-se neste capítulo sobre possíveis diálogos entre a geoética e direito, perspectivando leituras da legislação ambiental que intensifiquem e ampliem as condições de salvaguarda da vida e do patrimônio natural e cultural. Focaliza-se a Lei 23.291 (Minas Gerais, 2019), que fixou princípios e regras atinentes à política de segurança de barragens nesse Estado da Federação.

2 Rompimentos de barragens de rejeitos

Por que uma barragem de rejeitos se rompe? Responder essa questão não é trivial. Em primeiro lugar, é preciso estudar as causas, que só emergem, obviamente, após a estrutura se romper. Mesmo assim, quando emergem, a sua divulgação nem sempre é adequada, devido a interesses econômicos envolvidos e atribuições de responsabilidades. A despeito disso, existem causas naturais, antrópicas e mistas para o rompimento de uma barragem de rejeito. Como este texto diz respeito à ruptura de barragens e ao uso de técnicas de disposição de rejeitos à luz do direito e da geotécnica, o enfoque é sobre as causas antrópicas das rupturas e suas consequências.

Miranda (2016) analisou os métodos de disposição de rejeitos utilizados por empresas de mineração que atuam em Minas Gerais. Os métodos diferenciam-se no padrão de alteamento, a partir da construção do dique de partida. São três os métodos de alteamento: a *montante*, a *jusante* e de *linha de centro*. Dentre os métodos construtivos clássicos de barragens, o método a montante, usado nas barragens de Fundão e na Mina de Córrego do Feijão, é considerado o mais econômico e o de maior facilidade executiva, se comparado ao demais. O motivo principal é a utilização do mesmo material de rejeito para o alteamento da barragem, poupando assim a necessidade de operações de retirada e transporte de outros materiais, seus respectivos projetos e licenciamentos, para realizar o alteamento de material. O método a jusante tem um alto custo de construção e, embora seja o mais seguro dentre os três, é pouquíssimo utilizado. As suas vantagens em relação aos demais métodos são: (i) resistência a efeitos dinâmicos; (ii) escalonamento da construção sem interferência na segurança; (iii) não interferência na operação dos rejeitos; (iv) facilidade na execução da drenagem interna; (v) aproveitamento integral das técnicas de barragens convencionais; (vi) possibilidade de obedecer integralmente às hipóteses de projeto. Além disto, a partir da construção de uma barragem de contenção de rejeito utilizando-se um dos

métodos, dificilmente, por motivos operacionais e de segurança, é possível mudar para outro método após o início do alteamento.

Alternativas tecnológicas para disposição de rejeitos também envolvem: empilhamento drenado; disposição de rejeitos finos com secagem; rejeitos em pasta; aproveitamento dos rejeitos como aditivos para fabricação de cimento, uso em concreto, fabricação de tijolos, pavimentação, etc. Diante dessas alternativas ao uso do método a montante, Miranda (2016) afirma que o uso de recursos tecnológicos não tem acompanhado a evolução associada à ampliação das dimensões das barragens e, correlativamente, do catálogo de medidas necessárias para sua manutenção, e esse descompasso expõe a sociedade e o meio ambiente a crescentes riscos de rompimento.

Barragens podem se romper por uma série de motivos, incluindo erosão interna (*piping*), liquefação, enchentes, taxa de deposição de rejeitos maior que a capacidade da barragem, etc. A gestão de barragens de rejeitos é uma das maiores ameaças relacionadas ao desenvolvimento sustentável da indústria da mineração, uma vez que a toxicidade e o volume dos resíduos lançados pelo rompimento de barragens podem afetar diretamente vidas humanas, a biodiversidade, a geodiversidade e o patrimônio cultural a jusante. Embora a necessidade de melhor gestão das operações de mineração tenha sido alvo de pesquisas crescentes, catástrofes causadas por barragens de rejeitos continuam a ocorrer, e muitos incidentes não são reportados ou estudados, devido a questões legais ou por ameaças ou danos à reputação das empresas (KOSSOFF *et al.*, 2014; BURRITT e CHRIST, 2018).

O custo dessas catástrofes é alto, por envolver perdas ambientais e sociais. Embora eventos catastróficos tenham ocorrido em todo o mundo, Bowker e Cambers (2017) destacam que Mount Polley, no Canadá (2014), e Fundão, no Brasil (2015), patentearam a necessidade urgente de superar o mito segundo o qual os impactos da mineração são inevitáveis e compensáveis pelos benefícios que essa atividade extrativa produz, um argumento típico de “chantagem econômica” (ACSELRAD, 2004).

Os rompimentos de barragem de Fundão (2015) e de Córrego do Feijão (2019), no Geossistema Ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero, apresentam a maior classificação em relação ao dano causado. Em relação ao dano ambiental, os rompimentos que levaram a maior descarga de rejeitos em termos de volume (m^3) foram: Fundão/Brasil (43.000.000); Mount Polley/Canadá (23.600.000); Padcal n° 3/ Filipinas (13.000.000) e Córrego do Feijão/Brasil (12.000.000). Considerando as perdas humanas pelo número de mortos, contabilizando identificados e desaparecidos, os maiores danos foram: Córrego do Feijão (310); Hpakant/Nyanmar (113); Fundão (19) e Cienegyuta Minet/México (7). Os rompimentos das duas barragens brasileiras, Fundão (da Samarco, cujas controladoras são Vale e BHP Billiton), e Córrego do Feijão (da Vale S.A.) foram os maiores do mundo, seja em relação aos danos ambientais, seja quanto às vidas perdidas (RUCHKYS *et al.*, 2020).

Milhões de toneladas de rejeitos são depositadas todos os anos em barragens do Quadrilátero Ferrífero, a região mais povoada de Minas Gerais. Dados do início desta década mostram que no Quadrilátero e seu entorno habitam cerca de 22% da população do Estado, sendo a região responsável por cerca de 27% do PIB mineiro (CASTRO *et al.*, 2015). Em 2014, 15 grandes minas de diferentes empresas produziram juntas 273,1 milhões de toneladas de minério, que geraram 111,6 milhões de toneladas de rejeito (GOMES, 2017).

A Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam classifica barragens de contenção de rejeitos baseada na Deliberação Normativa – DN 62, do Conselho Estadual de Política Ambiental – Copam, que estabelece o porte e o potencial de dano ambiental. Para definição do porte das estruturas, são utilizados os critérios: (1) altura da barragem; (2) volume do reservatório (m^3), sendo elas classificadas como de pequeno, médio ou de grande porte (Minas Gerais, 2002). A referida DN classifica as barragens de contenção quanto ao potencial de danosidade ambiental em função dos dois critérios que definem o porte das estruturas – altura da barragem e volume do reservatório – e de mais três critérios: (1) ocupação humana a

jusante da barragem; (2) interesse ambiental na área a jusante da barragem; (3) presença de instalações na área a jusante da barragem. O potencial de dano ambiental representa o somatório dos pontos obtidos em cada um dos cinco critérios de classificação: (i) classe I (baixo potencial de dano ambiental); (ii) classe II (médio potencial de dano ambiental); (iii) classe III (alto potencial de dano ambiental) (FEAM, 2018).

2.1 Barragem de Fundão

Em escala global, o rompimento da barragem de Fundão foi o maior no que diz respeito a perdas do patrimônio. Foram liberados aproximadamente 43.000.000 m³ de rejeitos, que percorreram 663 km no curso do rio Doce até atingir o oceano Atlântico. Numerosos monumentos coloniais do século XVII e XVIII, representantes do Ciclo do Ouro no Brasil, foram destruídos. A barragem de Fundão pertence à empresa Samarco, instalada na região em 1977, 279 anos depois da fundação, em 1698, do subdistrito de Bento Rodrigues, localizado a 15 km da barragem.

Bento Rodrigues tem sua origem e história associadas à atividade minerária, assim como outras comunidades localizadas no Quadrilátero Ferrífero. Sua fundação, no final do século XVII, sucedeu aos achados auríferos na região, que induziram a ocupação demográfica. O subdistrito Bento Rodrigues recebeu esse nome em homenagem ao bandeirante português homônimo, que o fundou em território situado no vale do Rio Gualaxo do Norte, tendo sido usado como lugar de descanso por tropeiros que percorriam Minas Gerais em busca de ouro.

Em todo o Quadrilátero Ferrífero, os bandeirantes foram os atores principais para a formação do território. Cada ocorrência aurífera descoberta trazia consigo a fundação de novos arraiais, muitos dos quais serviam de ponto de passagem ou de descanso. O assentamento urbano de Bento Rodrigues é característico do período colonial, com traçado espontâneo, organizado por um eixo principal, ao longo do qual ocorreu a ocupação inicial, tendo nas extremidades as Capelas de São Bento,

construída em meados de 1718, e de Nossa Senhora das Mercês (NOVAIS e NOVAIS, 2017).

Registros na paisagem de antigos modos de aproveitamento da geodiversidade local e da mineração no período do ciclo do ouro estão presentes, com destaque para vários muros em pedra seca de extensões variadas. Novais e Novais (2017) destacam, também, um raro muro em lajes de pedras que pode ter sido um curral de tropas tricentenário, o que seria reforçado por relatos de viajantes naturalistas durante o século XIX:

Vai-se ao Arraial de Bento Rodrigues por uma estrada, aliás, calçada, mas difícil de passar, de uns 300 passos, em declive. Este pequeno arraial de umas sessenta casas está edificado sobre terreno muito acidentado e possui duas pequenas igrejas e duas estalagens bastante medíocres, numa das quais tivemos hospedagem sofrível. Aqui foi uma das mais antigas explorações de ouro de todo a província e escondia grande riqueza em seu seio (Relato do naturalista austríaco Johann Baptist Emanuel Pohl que esteve no Brasil entre 1817 e 1821).

Depois de viajar duas léguas, passamos pelo Arraial do Inficionado outra longa e estreita aldeia, mais ou menos do tamanho de Catas Altas e, como esta, em evidente estado de decadência. Uma légua adiante chegamos ao arraial de Bento Rodrigues, onde nos alojamos por essa noite no rancho público (Relato do naturalista inglês George Gardner que esteve no Brasil entre 1836 e 1841). “[...] seguimos para o arraial de Bento Rodrigues e passamos a noite num rancho, onde, mais uma vez, desfrutamos da beleza da paisagem das montanhas do Caraça. O rancho estava cheio de mineiros de Minas Novas, que seguiam para o Rio com algodão, o que nos deu uma boa ideia de como eram as caravanas que atravessavam a região (Relato do naturalista alemão Carl Friedrich Philipp von Martius que esteve no Brasil entre 1817 e 1821).

Além de Von Martius e Spix, Johann Baptist Emanuel Pohl e George Gardner passou por lá no século XIX o viajante Auguste de Saint-Hilaire, que deixou um testemunho sobre a paisagem, hoje drasticamente alterada pela lama:

A distância pouco considerável de Camargos, passamos por Bento Rodrigues, outra povoação situada à margem de um córrego, entre morros pouco elevados, e que apresenta aspecto bastante pitoresco com a presença de

numerosas bananeiras plantadas pelos habitantes em torno de suas casas (Relato do naturalista francês Auguste de Saint-Hilaire que esteve no Brasil entre 1816 e 1822).

O subdistrito de Bento Rodrigues abriga importante geopatrimônio associado à história da mineração, além de fazer parte da rota da Estrada Real no século XVII. Rossi (2010) destaca a existência de minas desativadas – Cata Preta, Ouro Fino e Tesoureiro – e inúmeros garimpos e galerias de ouro em atividade intermitente há mais de 200 anos. O patrimônio associado à história da mineração não se restringe ao ciclo do ouro. Em 1910, Derby, no trabalho *The Iron Ores of Brazil*, estimou que as reservas da região central em Minas Gerais abrigavam algo em torno de 5710 milhões de toneladas de minério.

Segundo o Ministério Público de Minas Gerais – MPMG, 15 cavidades naturais subterrâneas foram afetadas pela lama, sendo cinco delas totalmente soterradas. A perda desses sítios do patrimônio espeleológico levou o MPMG a ajuizar ação civil pública, em 2016, em relação à Samarco, à Vale e à BHP Billiton. Na petição da ação, o MPMG salientou que os danos em questão implicaram privação de fruição e acesso aos bens espeleológicos e perda da possibilidade de produção de conhecimentos científicos. A maior parte da área atingida não havia sido objeto de pesquisas espeleológicas prévias, o que amplia sobremaneira a gravidade dos danos.

Ainda em relação ao patrimônio associado à geodiversidade, houve perda do patrimônio fluvial, já que o rompimento da barragem atingiu vários cursos d'água da bacia do Rio Doce. Mendes e Felipe (2016) destacam a expressiva modificação da morfologia do baixo vale, com uma área de 2,82 km² sendo recoberta por depósitos tecnogênicos em função da imensa quantidade de material estéril liberada. Os canais fluviais foram assoreados e, por isso, passarão a ter nova morfologia.

O município de Mariana, em especial o subdistrito de Bento Rodrigues, foi o mais impactado pelo rompimento da barragem da Samarco, da Vale e da BHP Billiton, o qual provocou a morte de 19 pessoas,

entre trabalhadores da mina e moradores. O “mar de lama” causou a destruição de toda infraestrutura do subdistrito, forçando a retirada de todos os moradores, que nunca mais poderão residir no local, sendo hoje denominado por eles “o velho Bento”. Silva, Boava e Macedo (2016) destacam as consequências das perdas para as comunidades, que vão desde os impactos à fauna até os efeitos psíquicos resultantes do deslocamento forçado do lugar. Pertencer a Bento Rodrigues é um fator identitário; é parte integrante de um *ethos*, elaborado historicamente a partir da relação da comunidade com uma *paisagem*. Muitas gerações compartilhavam vivências e tradições significativas, reminiscências dos estilos de vida dos primeiros grupos humanos que habitaram a região. São *modos de criar, fazer e viver* que importa patrimonializar e cuidar, como referências, que são, à identidade, ação e memória de grupos formadores da sociedade brasileira e mineira, como reconhece a CRFB (artigo 216, II) (BRASIL, 1988).

Alguns trabalhadores, ao presenciarem o colapso da barragem, imediatamente procuraram lugares mais altos para não serem atingidos. Não houve toque de recolher por sirene de alerta ou qualquer outro meio de comunicação. Alguns funcionários avisaram colegas via rádio, e uma das moradoras que trabalhava na mina usou sua motocicleta para alertar a comunidade, a qual, sem qualquer orientação e por conta própria, procedeu a um movimento desesperado de fuga (SALINAS, 2016).

O município de Mariana tem forte dependência da atividade da mineração. Dados da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana apontam que cerca de 80% da arrecadação provém da mineração (Sedru, 2016). Na sequência do rompimento das operações da mineradora, a arrecadação reduziu significativamente, devido à suspensão das atividades da empresa mineradora, o que levou os moradores da sede a reivindicarem a retomada da mineração. A prefeitura de Mariana assumiu posição similar, chegando a declarar à imprensa que serviços básicos seriam interrompidos, se as atividades de mineração não fossem retomadas (SALINAS, 2016).

2.2 Barragem de Córrego do Feijão

O ano oficial da fundação do município de Brumadinho é 1938, mas a história de ocupação da região é bem mais antiga. O estabelecimento de povoados no médio curso do rio Paraopeba foi iniciado no fim do século XVII e no início do século XVIII, durante o Ciclo do Ouro, que mobilizou várias expedições em busca de riquezas minerais. Resende (2007) destaca a passagem da bandeira de Fernão Dias Paes Leme, que enviava grupos à frente de suas expedições para plantação de milho e outros produtos agrícolas, objetivando atender as necessidades dos bandeirantes. Vários povoados tornaram-se núcleos de abastecimento e repouso das tropas. No decorrer do século XVIII, a região continuou a abastecer grandes núcleos de mineração, até a decadência das minas de ouro.

Após o Ciclo do Ouro, um novo ciclo importante da mineração iniciou-se no século XX, entre 1950 e 1960, com a abertura de minas de ferro no Quadrilátero Ferrífero. Antes dessas descobertas, as reservas de minério de ferro no Brasil já haviam sido confirmadas por estudos da Escola de Minas de Ouro Preto, em 1910. Tanto que, em 1923, o presidente da República do Brasil, Artur Bernardes, criou um conselho para estudar o minério de ferro no país (Ibram, 2016). A sede do município surgiu como consequência da fase áurea da construção ferroviária em Minas, que refletiu na recuperação da economia mineira. A construção ferroviária apareceu não só como necessidade, mas como uma saída para a possibilidade de extrair e exportar o minério de ferro (MIRANDA, 2013). A Estação Ferroviária de Brumadinho foi inaugurada em 1917, sendo um marco na história de criação do município. O povoado de Córrego do Feijão começou a ser ocupado na década de 1940 e se tornou um bairro de Brumadinho em 2004. No contexto do Ciclo do Ferro, a mineração em Córrego do Feijão teve início em 1923 pela Ferteco, cujo controle acionário passou para a Vale em 2001 (GOMES, 2009).

Os rejeitos do rompimento da barragem de Córrego do Feijão soterraram cerca de 2/3 do ribeirão Ferro-Carvão, afluente da margem

direita do rio Paraopeba. Segundo o Instituto Estadual de Florestas – IEF (2013), a posição geográfica desta sub-bacia, próxima à Região Metropolitana de Belo Horizonte, faz com que tenha importante papel no contexto estadual no que diz respeito ao abastecimento urbano e industrial.

O Córrego do Feijão teve sua dinâmica fluvial afetada, verificando-se significativas modificações na velocidade, no traçado, na carga de sedimentos e na capacidade erosiva e deposicional. No rio Paraopeba, a mancha de turbidez avançou dezenas de quilômetros, produzindo impactos como menor oxigenação, redução da penetração de luz e modificação das condições morfológicas da drenagem (CENACID, 2019).

A mina encontra-se inserida na Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte – APA Sul RMBH e na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Rola Moça. Essa área é classificada como zona especial no mapa de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade de Minas Gerais, estando inserida na zona de transição entre Mata Atlântica e Cerrado (IEF, 2014). Tobias Jr., Nascimento e Rodrigues (2015) mostram que na área de influência da mina Córrego do Feijão existem sítios do patrimônio histórico e arqueológico. Pelo menos 8 sítios arqueológicos identificados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – Iphan estavam na rota da lama: (i-ii) Samambaia 1 e 2, (iii) aqueduto Córrego do Feijão, (iv) Berro 2, (v-vi) Fazenda Velha 1 e 2 e (vii-viii) Fazenda Recanto 1 e 2. Outros sítios podem ter sido comprometidos por ficarem ao longo do rio Paraopeba.

De forma recorrente, a Vale foi responsável por outro rompimento de barragem no Quadrilátero Ferrífero, no complexo minerário Córrego do Feijão, em Brumadinho, catástrofe que se destaca pela magnitude do número de vítimas fatais. Foram contabilizadas mais de 300 vidas humanas perdidas, sendo que alguns corpos não puderam ser encontrados em meio às toneladas de rejeitos e destroços do rompimento.

3 Mudanças no direito pós-catástrofes na mineração em Minas Gerais (2015-2019)

A CRFB (Brasil, 1988) reconhece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de o defender e preservar para as presentes e futuras gerações (artigo 225, *caput*). Trata-se de direito fundamental de amplitude social, cabendo precipuamente ao Estado atuar pelo implemento de medidas, de modo compulsório e efetivo, para sua salvaguarda e afirmação concreta (artigo 225, §1º). Nesse sentido, a CRFB é clara ao prever que o poder público tem o dever de controlar o emprego de métodos e técnicas que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (artigo 225, §1º, V). O direito fundamental ao meio ambiente é um desdobramento do direito à vida e, correlativamente, à conservação das bases físicas, ecológicas e culturais que a sustentam, o que implicará um dever concreto de “conformação das atividades sociais, que devem garantir a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, abster-se da sua deterioração, e construir a melhoria geral das condições de vida na sociedade” (DERANI, 1998, p. 97).

A Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, instituída pela Lei 6.938 (Brasil, 1981), por sua vez, assume como princípios e objetivos, aplicáveis às diversas atividades públicas ou privadas (cf. artigo 5º, parágrafo único): (a) racionalização do uso do solo, subsolo, água e ar; (b) incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e proteção dos recursos ambientais (artigo 2º, II e VI); (c) compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; (d) difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, divulgação de dados e informações ambientais e formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico; (e) preservação e restauração dos recursos ambientais com

vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida (art. 4º, I, V e VI); (f) preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (artigo 2º, *caput*).

Tais preceitos não de ser lidos à luz dos princípios da proporcionalidade e do nível elevado de proteção ambiental, segundo os quais o direito deve responder à intensificação da crise ecológica contemporânea mediante regulamentos e instrumentos proporcionais e suficientes perante essa crise, cabendo rejeitar ou invalidar aprioristicamente determinações que diminuam as condições de proteção do patrimônio natural e cultural ou estejam aquém delas, pois, como referem Sarlet e Fensterseifer (2012, p. 154):

[...] se, por um lado, impõe-se ao Estado a obrigação de “não piorar” as condições normativas hoje existentes em determinado ordenamento jurídico – e o mesmo vale para a estrutura organizacional-administrativa –, por outro lado, também se faz imperativo, especialmente relevante no contexto da proteção do ambiente, uma obrigação de “melhorar”, ou seja, de aprimorar tais condições normativas – e também fáticas – no sentido de assegurar um contexto cada vez mais favorável ao desfrute de uma vida digna e saudável pelo indivíduo e pela coletividade como um todo.

Como desdobramento jurídico concreto, cabe considerar a obrigação, que vincula empreendedores, profissionais técnicos (geólogos, engenheiros, administradores, economistas, advogados, etc.) e agentes públicos (CRFB, artigo 225, *caput*, e Lei 6.938, art. 5º, parágrafo único), da adoção das Melhores Técnicas Disponíveis – MTD ante a imposição constitucional de salvaguarda do meio ambiente ecologicamente equilibrado, para as presentes e futuras gerações. Trata-se de obrigação que deriva, segundo Loubet (2015, p. 308-309), do artigo 225, §1º, IV, da CRFB, que exige estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação,

pois “não faria nenhum sentido que o legislador constitucional exigisse tais estudos se, depois de estudadas todas as técnicas possíveis e seus impactos no meio ambiente, houvesse liberdade irrestrita na escolha de qualquer uma delas. A obrigação decorre, também, do artigo 225, §1º, V, da CRFB, que impõe ao poder público o controle da produção, da comercialização e do emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente, pois, se o texto constitucional exige esse controle, objetiva-se “uma política de escolher entre as melhores ‘técnicas, meios e substâncias’ disponíveis, exigindo-se dos empreendedores a sua adoção” (LOUBET, 2015, p. 309).

O direito cumpre papel *indutor* na promoção da justiça ambiental e dos ditames da geoética nos processos de produção e de uso da tecnologia. Nesse contexto, Derani (2008, p. 165) destaca que o poder público deve “minimizar os efeitos negativos e os riscos aportados por novas tecnologias direcionadas a resultados privados, fomentando o aumento da vantagem social dentro do lucro privado”. Por isso, a estudiosa afirma que o direito não pode prescindir do conhecimento científico.

No Brasil, a proteção do meio ambiente, neles incluídos os componentes e elementos da geodiversidade, é um dos objetivos nucleares do direito, e esse objetivo deve orientar o comportamento de agentes públicos e particulares, pois, como prevê o art. 5º, parágrafo único, da Lei 6.938, as atividades empresariais públicas e privadas, indistintamente, devem ser exercidas em consonância com as diretrizes da PNMA.

Por outro lado, a Lei 12.305 (Brasil, 2010) incorpora expressamente a adoção da MTD como diretriz da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, aplicável a entes públicos ou privados (art. 1º, §1º), na própria definição de *resíduo sólido* – “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam

para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (artigo 3º, XVI).

Evidentemente, a obrigatoriedade de implementação da MTD deve conformar a interpretação do artigo 5º, I, da Resolução nº 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama (1986), segundo o qual o estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na PNMA, há de contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução dele.

Com base nesses fundamentos, o MPMG propôs a Ação Civil Pública nº 5162864-29.2016.8.13.0024, visando à proibição, no território de Minas Gerais, do uso da tecnologia do alteamento para montante em barragens de rejeitos de mineração. Em dezembro de 2018, mais de dois anos após a proposição da ação, o pedido de tutela antecipada deduzido sequer havia sido analisado, fato que representa a não rara participação do poder judiciário na configuração do quadro de “irresponsabilidade organizada” (LEITE; AYALA, 2002, p. 103 e ss.) no que diz respeito ao implemento de cuidados devidos para com o meio ambiente. Os pedidos do MPMG só vieram a ser analisados em 2019, não por acaso após a catástrofe da mineração produzida pela Vale em Brumadinho. Os resultados da ação foram positivos: o Estado de Minas Gerais foi condenado a “se abster de conceder ou renovar quaisquer licenças ou autorizações para instalações ou ampliações de novas barragens de rejeitos de mineração baseadas tecnicamente no método de alteamento para montante no âmbito estadual”. Por força da sentença, o Estado também foi condenado a “exigir, em todos os processos de licenciamento ambiental envolvendo disposição de rejeitos de mineração, a avaliação, nos estudos de impacto ambiental, da possibilidade da utilização de tecnologia alternativa à implantação de barragem, por qualquer método, dando prioridade às tecnologias com desaguamento, o empilhamento drenado, a disposição de rejeitos finos com secagem, a disposição de rejeitos em forma de pasta e as tecnologias

envolvendo a redução, reutilização e reciclagem de rejeitos” (MINAS GERAIS, 2016).

A comoção pública causada pela catástrofe produzida pela Vale em Brumadinho induziu, também, a remobilização social e interinstitucional em torno de projeto de lei, que havia sido apresentado à Assembleia Legislativa de Minas Gerais – ALMG por iniciativa popular em meados de 2016, visando ao aprimoramento do tratamento jurídico conferido a barragens de rejeitos industriais e minerais no território estadual. Após discussões técnicas, tramitação e aprovação no âmbito da ALMG, em 25 de fevereiro de 2019, a governadoria de Minas Gerais aprovou texto de projeto de lei inspirado na iniciativa social *Mar de Lama Nunca Mais*, fazendo ingressar no mundo jurídico a Lei Estadual 23.291 (Minas Gerais, 2019). Essa lei instituiu a política estadual de segurança de barragens, aplicável a “barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração e a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração”, que apresentem, no mínimo, uma das seguintes características: (i) altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 10m; (ii) capacidade total do reservatório maior ou igual a 1.000.000 m³; (iii) reservatório com resíduos perigosos; (iv) potencial de dano ambiental médio ou alto, conforme regulamento” (artigo 1º, parágrafo único).

Destacadamente, a Lei 23.291 contém em seu texto a afirmação de dois princípios de interpretação e aplicação considerados cruciais para uma *inflexão* no que diz respeito ao gerenciamento de barragens em Minas Gerais. Segundo o art. 2º da lei, na implementação da política estadual de segurança de barragens, devem ser observados os princípios: (i) de prevalência da norma mais protetiva ao meio ambiente e às comunidades potencialmente afetadas pelos empreendimentos; (ii) de prioridade para as ações de prevenção, fiscalização e monitoramento, pelos órgãos e pelas entidades ambientais competentes do Estado. A imposição de prevalência de norma mais protetiva ao meio ambiente e às comunidades produz o

efeito jurídico de obrigar empreendedores a utilizarem, profissionais técnicos (geólogos, engenheiros, administradores, etc.) e agentes públicos a exigirem as MTD para o gerenciamento de rejeitos industriais ou da mineração. O dever de exigência das MTD no que diz respeito a tal gerenciamento é confirmado pelo art. 8º, I e §2º, da lei. Por força do art. 8º, I, da lei, no Estudo de Impacto Ambiental – EIA pertinente à construção, à instalação, ao funcionamento, à ampliação e ao alteamento de barragens deve haver “comprovação da inexistência de melhor técnica disponível e alternativa locacional com menor potencial de risco ou dano ambiental, para a acumulação ou para a disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração em barragens”. Pelo texto do §2º do artigo 8º da lei, por sua vez, ficaram expressamente vedadas “a acumulação ou a disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração em barragens sempre que houver melhor técnica disponível”.

A conduta técnica de profissionais das geociências é expressamente concernida pelo texto da Lei 23.291 ao prever que: para a obtenção de licença prévia, o empreendedor deve apresentar, entre outras informações, “estudos sobre o risco geológico, estrutural e sísmico e estudos sobre o comportamento hidrogeológico das descontinidades estruturais na área de influência do empreendimento” (artigo 7º, I, ‘e’); e, para a obtenção de licença de instalação, “projeto executivo na cota final prevista para a barragem, incluindo caracterização físico-química do conteúdo a ser disposto no reservatório, estudos geológico-geotécnicos da fundação, execução de sondagens e outras investigações de campo, coleta de amostras e execução de ensaios de laboratórios dos materiais de construção, estudos hidrológico-hidráulicos e plano de instrumentação, com as respectivas ARTs” (artigo 7º, II, ‘a’).

4 A geoética na concepção e efetivação das MTD na gestão de barragens de rejeitos

A geoética é uma dimensão da ética relacionada às consequências sociais, econômicas, ambientais e culturais da pesquisa e da prática geológica, fornecendo um ponto de interseção entre geociências, sociologia e filosofia (MOORES, 1997; Bosi, PEPPOLONI e PIACENTE, 2008; PEPPOLONI e DI CAPUA, 2012; PEPPOLONI, 2012).

A aplicação dos princípios gerais da ética nas inter-relações dos seres humanos com o subsolo e os recursos minerais remonta a 1991, em Příbram (República Tcheca), durante a realização de um simpósio, quando o Dr. Vaclav Nemeč utilizou um conceito associando ética e geologia na apresentação de um trabalho sobre atividades de mineração a céu aberto e seus problemas técnicos e éticos (NIKITINA, 2016).

As principais preocupações da geoética são: o desenvolvimento sustentável no uso de recursos geológicos; a gestão adequada de riscos naturais; a comunicação geocientífica e aspectos legais; museologia; a proteção planetária e do patrimônio (DRUGUET *et al.*, 2013). Desenvolveu-se em consonância com a geoética a conceituação do que *deve ser* uma mineração responsável, consolidada pelo grupo de trabalho da Associação Internacional para a Promoção da Geoética – IAPG, em 2017. Mineração responsável é definida como uma atividade de extração mineral que respeita todas as partes interessadas, empresa, estado e sociedade, protegendo os interesses de todas elas, e promove a saúde humana e do meio ambiente, contribuindo para o desenvolvimento econômico do país, beneficiando as comunidades locais, utilizando técnicas adequadas e agindo sob o estado de direito (ARVANTIDIS *et al.*, 2017). Outros organismos internacionais, como o Conselho Internacional de Mineração e Metais – ICMM, que tem como membros tanto a Vale quando a BHP Billiton, assumem como princípio a promoção de indústrias minerais sustentáveis e seguras social e ambientalmente, valorizando os

compromissos com as comunidades e países onde se instalam os empreendimentos de suas empresas signatárias.

Nikitina (2016) destaca que a missão da geoética é a implementação de valores e critérios éticos na prática da exploração dos recursos minerais e na conservação do patrimônio, em solidariedade com as futuras gerações, em oposição a interesses mercantilistas (individual, cooperativo ou do Estado). No caso do Brasil, país reconhecido por suas riquezas minerais, é emergencial o desenvolvimento de uma postura geoética, seja nos momentos da elaboração de normas jurídicas, da concepção de programas regionais e projetos locais de produção e desenvolvimento, seja na aplicação dessas normas e na execução de tais programas e projetos.

Nesse sentido, ainda que Lei 23.291, de Minas Gerais, não tenha sido inspirada expressamente em princípios da geoética, esses princípios servem à sua interpretação e aplicação. Tenham-se presentes, a propósito, os valores e as condutas fundamentais da geoética, assim afirmados na *Declaração da Cidade do Cabo sob Geoética* (IAPG, 2018, p. 57): (i) honestidade, integridade, transparência e confiabilidade dos geocientistas, incluindo a adesão rigorosa aos métodos científicos; (ii) competência, incluindo formação regular e aprendizagem ao longo da vida; (iii) compartilhar o conhecimento em todos os níveis como uma atividade valiosa, o que implica comunicar ciência e resultados, levando em consideração limitações intrínsecas, como são as probabilidades e as incertezas; (iv) verificar as fontes de informação e os dados e aplicar processos de revisão por pares objetivos e imparciais às publicações técnicas e científicas; (v) trabalhar com um espírito de cooperação e reciprocidade, o que envolve compreensão e respeito por diferentes ideias e hipóteses; (vi) respeitar os processos e fenômenos naturais, quando possível, ao planejar e implementar intervenções no meio ambiente; (vii) proteger a geodiversidade como um aspecto essencial do desenvolvimento da vida e da biodiversidade, da diversidade cultural e social e do desenvolvimento sustentável das comunidades; (viii) promover o

patrimônio geológico, que reúne fatores científicos e culturais que têm valor social e econômico intrínseco, para fortalecer o sentimento de pertença das pessoas pelo seu meio ambiente; (ix) garantir a sustentabilidade das atividades econômicas e sociais, a fim de assegurar o fornecimento de energia e outros recursos naturais para as futuras gerações; (x) promover a geoeducação e a divulgação para todos, para assim promover um desenvolvimento econômico sustentável, a prevenção e a mitigação dos riscos geológicos, a proteção ambiental e o aumento da resiliência social e do bem-estar.

Princípios e diretrizes de elaboração, interpretação e aplicação do direito ambiental presentes noutros documentos internacionais, como o Acordo Regional sobre Acesso à Informação, Participação Pública e Acesso à Justiça em Assuntos Ambientais na América Latina e no Caribe (Cepal, 2018) e a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), ambos assinados pelo Brasil.

Considerações finais

O crescimento da demanda por recursos minerais, incluindo os metálicos, tem sido confrontado com a necessidade de novas técnicas para todas as operações do ciclo de vida da mineração, em especial aquelas ligadas a disposição de rejeitos, muitas vezes realizada em barragens de contenção. Rompimentos de barragens são eventos com grande potencial de causar danos e, combinados com condições de vulnerabilidade, podem culminar em desastres como os que aconteceram no Quadrilátero Ferrífero: Mariana (2015) e Brumadinho (2019). A gestão de risco de desastre envolve, dentre outros cuidados, a adoção de medidas para redução dos fatores de risco que, considerando as características particulares da atividade de mineração, deve envolver o uso de melhores e mais justas técnicas para o gerenciamento de rejeitos.

Os desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019) ilustram uma má gestão de risco em relação a disposição de rejeitos e demonstram que

a gestão de risco não é uma preocupação principal das empresas que atuam no Quadrilátero Ferrífero. Esses exemplos negativos, que repercutiram no cenário mundial, podem ser usados como catalizadores para o desenvolvimento de práticas pautadas em valores geoéticos.

A observância de valores da geoética e a adoção de condutas correspondentes por empreendedores, profissionais técnicos, nomeadamente das geociências, e agentes públicos serão cruciais para que haja uma inflexão positiva em Minas Gerais no que diz respeito ao gerenciamento de barragens de rejeitos associadas a atividades de extração mineral. Princípios e regras estabelecidos pela legislação ambiental são meras declarações de boas intenções se não houver um compromisso ético por parte de seus destinatários, desde empreendedores, profissionais elaboradores e executores de projetos, até agentes públicos que participam de processos deliberativos, de controle administrativo ou fiscalização relacionados às estruturas e empreendimentos extrativos em questão.

Os valores da geoética constituem referências de consolidação normativa, interpretação e aplicação da Lei 23.291, de Minas Gerais, que densificou os ideais do movimento social e institucional *Mar de Lama Nunca Mais*. Esses valores são cruciais para parametrizar eticamente a postura de profissionais das geociências na: (i) concepção, elaboração e execução de estudos atinentes a barragens de rejeitos (artigo 7º, I, 'e', II, 'a'); (ii) na “comprovação da inexistência de melhor técnica disponível e alternativa locacional com menor potencial de risco ou dano ambiental, para a acumulação ou para a disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração em barragens” (artigo 8º, §2º); e, enfim, (iii) na “prevalência da norma mais protetiva ao meio ambiente e às comunidades potencialmente afetadas pelos empreendimentos”, a bem da conservação do geopatrimônio, dos demais componentes do patrimônio natural e cultural e das vidas humanas.

Referências

- ACSELRAD, H. Justiça ambiental: ação coletiva e estratégias argumentativas. In: ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A. (org.). **Justiça ambiental e cidadania**. Rio de Janeiro: Relume Dumará; Fundação Ford, p. 23-39, 2004.
- ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. 2006. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- ARVANITIDIS, N.; BOON, J.; NURMI, P.; DI CAPUA, G. White paper on responsible mining, 2017. In: **IAPG – International Association for Promoting Geoethics**. Disponível em: <http://www.geoethics.org/wp-responsible-mining>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- BEZERRA, C. G. **Caracterização do rejeito de minério de ferro (IOT) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento**. 140f. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- BOSI, C.; PEPPOLONI, S.; PIACENTE, S. Philosophical and epistemological debate in Italy within an ethical perspective of Earth Sciences. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 2008, Oslo, **Proceedings...**, n. 33, 2008.
- BOWKER, L. N.; CHAMBERS, D. M. In the dark shadow of the supercycle tailings failure risk & public liability reach all time highs. **Environments**, v. 4, n. 75, p. 1-21, 2017.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 31 out. 2020.
- BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 30 out. 2020.
- BRASIL. **Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 30 out. 2020.

BURRITT, R. L.; CHRIST, K. L. Water risk in mining: Analysis of the Samarco dam failure. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 196-205, 2018.

CASTRO, P. T. A.; NALINI JR., H. A.; LIMA, H. M. **Entendendo a mineração no Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte. Ecológico Editora, 2015. 101p.

CENACID – Centro de Apoio Científico em Desastres. **Relatório missão Cenacid emergencial para apoio a resposta ao desastre relacionado ao rompimento da barragem de rejeitos da Mina Córrego do Feijão, pertencente a Cia. Vale do Rio Doce, no Município de BrumadinhoMG**, 2019. Disponível em: http://www.cenacid.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2019/02/Relat%C3%B3rio_CENACID-BRU_finalA.pdf. Acesso em: 14 fev. 2019.

CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe. **Acordo Regional sobre Acesso à Informação, Participação Pública e Acesso à Justiça em Assuntos Ambientais na América Latina e no Caribe, 2018**. Disponível em: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43611/1/S1800493_pt.pdf. Acesso em: 30 out. 2020.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 01, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/reso186.html>. Acesso em: 30 out. 2020.

DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

DERANI, C. Meio ambiente ecologicamente equilibrado: direito fundamental e princípio da atividade econômica. **Advocacia pública & sociedade**, São Paulo, n. 3, p. 91-101, 1998.

DRUGUET, E.; PASSHIER, C. W.; PENNACHIONI, G.; CARRERAS, J. Geoethical education: a critical issue for geoconservation. **Episodes**, v. 36. Disponível em: <http://diarium.usal.es/mdp/files/2012/06/March-2013.pdf#page=11>. Acesso em: 18 fev. 2019.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Gestão de barragens, relatórios técnicos, lista de barragens, 2018**. Disponível em: <http://www.feam.br/monitoramento/gestao-de-barragens>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FRANCA, P. **Projetos de disposição de rejeitos na VALE: diversidade de soluções, riscos e desafios**, 2009. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00000551.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

GOMES, A. C. F. **Estudo de aproveitamento de rejeito de mineração**. 2017. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

GOMES, R. C. **Caracterização tecnológica e sistemas de disposição de resíduos de mineração**. 2009. 220f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009, 220p.

IAPG – International Association for Promoting Geoethics. **Spreading geoethics through the languages of the world, 2018**. Disponível em: http://f420cbad-eco8-4c39-902f-boe5afecb44a.filesusr.com/ugd/5195a5_f8ofe698039e4f6d9bc8c5e4a5f05898.pdf. Acesso em: 30 out. 2020.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Panorama da mineração em Minas Gerais**, 2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006212.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2019.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Parecer único de compensação ambiental GCA/Diap nº 043/2013 Vale S.A. – Mina do Córrego do Feijão**, 2013. Disponível em: http://www.reunioes.semاد.mg.gov.br/down.asp?x_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x_nome=Item_5.15_-_PU_GCA_043.13_Vale_Mina_do_C%BA_do_Feij%E30.pdf. Acesso em: 11 fev. 2019.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Parecer único de compensação ambiental GCA/Diap nº 0081/2014 Vale S.A. – Mina da Jangada**, 2014. Disponível em: http://www.reunioes.semاد.mg.gov.br/down.asp?x_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x_nome=Item_6.1_Vale_SA_Mina_Jangada.pdf. Acesso em: 11 fev. 2019.

KOSSOFF, D.; DUBBIN, W. E.; ALFREDSSON, M.; EDWARDS, S. J.; MACKLIN, M. G.; HUDSON-EDWARDS, K. A. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. **Appl. Geochem**, v. 51, p. 229-245, 2014.

LEITE, J. R. M.; AYALA, P. A. **Direito Ambiental na sociedade de risco**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

LOUBET, L. F. **Licenciamento ambiental: a obrigatoriedade da adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD)**. Belo Horizonte: Del Rey, 2015.

LOZANO, F. A. E. **Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica**. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MENDES, L. C.; FELIPPE, M. F. A geomorfologia do tecnógeno e suas relações com o rompimento da Barragem Fundão (Mariana, Minas Gerais). **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 6, n. 4, p. 353-362, 2016.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa 62, de 17 de dezembro de 2002**. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5008#_ftn3. Acesso em: 30 out. 2020.

MINAS GERAIS. **Lei 23.291, de 25 de fevereiro de 2019**. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=23291&comp=&ano=2019>. Acesso em: 30 out. 2020.

MINAS GERAIS. Poder Judiciário do Estado de Minas Gerais; 3ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte. **Sentença nº 5162864-29.2016.8.13.0024**. Processo Judicial Eletrônico, 23 abr. 2019. Disponível em: <http://pje.tjmg.jus.br/pje/ConsultaPublica/DetalheProcessoConsultaPublica/docu mentoSemLoginHTML.seam?ca=6087cefa5bed06feb156b7b03a1e22cbce1bed330e1cb81414cab25421d515635874639d589e52c7a8a00242efec56f8acf2a9f98d2a155d&i dProcessoDoc=67330808>. Acesso em: 30 out. 2020.

MIRANDA, D. A. **Conflitos socioambientais minerários: estudo de caso da exploração minerária no município de Brumadinho**. 2013. 225f. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) – Escola Superior Dom Helder Câmara, Belo Horizonte, 2013.

MIRANDA, M. A. S. **Nota técnica SISCEAT 26411009 – Central de Apoio Técnico/Ministério Público do Estado de Minas Gerais. SGP 2645592; Inquérito Civil MPMG-0188.14.000311-5**. Belo Horizonte: Ceat/MPMG, 2016.

- MOORES, E. M. Geology and culture: a call for action. **Gsa Today**, January, p. 7-11, 1997.
- NIKITINA, N. **Geoethics**: theory, principles, problems. 2.ed., revised and supplemented. Moscow: Geoinformmark, 2016.
- NOVAIS, A. L. M.; NOVAIS, P. C. M. Do imaterial ao edificado diversidade de bens culturais afetados pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana – MG. Simpósio Científico ICOMOS Brasil, **Anais...**, Belo Horizonte, 2017.
- ONU – Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desensust/Agenda2030-completo-site.pdf. Acesso em: 30 out. 2020.
- PEPPOLONI, S.; DI CAPUA, G. Geoethics and geological culture: awareness, responsibility and challenges. **Annals of Geophysics**, n. 55, p. 335–334, 2012.
- PEPPOLONI, S. Social aspects of the Earth sciences, interview with Prof. Franco Ferrarotti. **Annals of Geophysics**, n. 55, p. 347–348, 2012.
- RESENDE, M. E. L. Itinerários e interditos na territorialização das Gerais. In: RESENDE, M. E.; VILLALTA, L. C. (org.). **História de Minas Gerais**: as minas setecentistas. Belo Horizonte: Autêntica; Companhia do Tempo, p. 25-53, 2007.
- ROSSI, G. **Quartzitos e metaconglomerados auríferos da sequência da Serra da Boa Vista, borda leste do Quadrilátero ferrífero, MG, Brasil**. 2010. 283f. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- RUCHKYS, U. A.; CASTRO, P. T. A.; MIRANDA, M. P. S. Mineração em geossistemas ferruginosos e questões de Geoética: o caso do rompimento da barragem de Córrego do Feijão, Minas Gerais – Brasil. **Confins**, v. 40, p. 1-16, 2009.
- RUCHKYS, U. A.; CASTRO, P. T. A.; CARVALHO, S. M.; ALVARENGA, L. J. Applying geoethics to the context of mining ferruginous geosystems: Case studies from the tailing dam breaks in Fundão and Córrego do Feijão, Minas Gerais – Brazil. **Episodes** [on-line], June 1st 2020. Disponível em: <http://www.episodes.org/journal/view.html?uid=2147&vmd=Full>. Acesso em: 30 out. 2020.