

Distribuição espacial de barragens de rejeito de mineração e configuração de bacias de risco nas regiões hidrográficas brasileiras

Spatial distribution of ore tailing dams and risk basin configuration in Brazilian hydrographic regions

Distribución espacial de presas de relaves mineros y configuración de cuencas de riesgo en las regiones hidrográficas brasileñas

Regina Paula Benedetto de Carvalho¹ , Matheus de Oliveira Reis¹ ,
Antônio Pereira Magalhães Júnior¹ , Paulo Henrique Batista¹ 

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO

Os recentes desastres com rompimentos de barragens de rejeito em Minas Gerais (Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019) evidenciam a gravidade dos impactos socioambientais e as ameaças à qualidade ambiental no país. O objetivo do trabalho é analisar a distribuição espacial das barragens de rejeito de minério nas regiões hidrográficas brasileiras (RHs) e a consequente configuração de bacias hidrográficas de risco. Para isso, o panorama espacial foi complementado pela caracterização quantitativa e qualitativa das estruturas e de seus níveis de risco por RHs, à luz da legislação nacional, permitindo a identificação das bacias com maior perigo de ocorrência de rompimento (bacias de risco). Os resultados sinalizam a existência de nove bacias de risco no país, concentradas principalmente nas RHs São Francisco e Atlântico Sudeste, exigindo maior atenção do aparato gestor e das autoridades.

Palavras-chave: Riscos ambientais; Unidades hidrográficas; Ruptura de barragens de rejeito; Barragem de mineração

ABSTRACT

The recent disasters as a consequence of ore tailing dams rupture in Minas Gerais state, Brazil (Mariana, 2015 and Brumadinho, 2019), show the severity of socio-environmental impacts and threats to environmental quality in the country. The objective of the paper is to analyze the spatial distribution of ore tailing dams in the Brazilian Hydrographic Regions (RHs) and the consequent configuration of "risk

hydrographic basins". For this, the spatial panorama was complemented by the quantitative and qualitative characterization of the structures and their risk levels by RHs, according to the national legislation, allowing the identification of the basins with the greatest danger of occurrence of failure (risk basins). The results indicate the existence of nine risk basins in the country, concentrated mainly in the São Francisco and Atlântico Sudeste RHs, requiring greater attention from the management apparatus and the authorities.

Keywords: Environmental risks; Hydrographic units; Ore tailing dam failure; Mining dam

RESUMEN

Los recientes desastres con rompimientos de presas de relaves en Minas Gerais (Mariana en 2015 y Brumadinho en 2019) resaltan la gravedad de los impactos socioambientales y las amenazas a la calidad ambiental en el país. El objetivo de este trabajo es analizar la distribución espacial de las presas de relaves mineros en las regiones hidrográficas (RH) brasilenãs y la consecuente configuración de cuencas hidrográficas de riesgo. Para ello, el panorama espacial se complementó con la caracterización cuantitativa y cualitativa de las estructuras y sus niveles de riesgo por RH, de acuerdo a la legislación nacional, lo que permitió identificar las cuencas con mayor peligro de ocurrencia de rompimiento (cuencas de riesgo). Los resultados indican la existencia de nueve cuencas de riesgo en el país, concentrados principalmente en los RH São Francisco y Atlântico Sudeste, exigiendo mayor atención del aparato de gestión y de las autoridades.

Palabras-clave: Riesgos ambientales; Unidades hidrográficas; Ruptura de presas de relaves; Presa minera

1 INTRODUÇÃO

Riscos ambientais, em maior ou menor grau, são inerentes ao processo histórico de evolução das sociedades. As relações entre os seres humanos e destes com o meio, produzem riscos que podem ser conscientes ou inconscientes. Sendo estas situações onipresentes, cabe à sociedade a análise das possibilidades de gerenciá-los (DAGNINO e CARPI JR., 2007; LOURENÇO, 2007; FELL *et al.*, 2008; GIRÃO *et al.*, 2018).

A atual conjuntura mundial, marcada, em geral, por exploração e degradação do patrimônio natural em níveis desenfreados, gera um quadro de potencialização de riscos de ocorrência de desastres ambientais (DAGNINO e CARPI JR., 2007; FELL *et al.*, 2008; GIRÃO *et al.*, 2018). Paralelamente, intensificam-se os estudos que visam prever as possibilidades de ocorrência de desastres e minimizar os seus efeitos, incluindo a aplicação de geotecnologias e o desenvolvimento de modelos de avaliação cada vez mais complexos (SOUZA; LOURENÇO, 2015; CASTRO;

LOURENÇO, 2017). As preocupações sociais relativas à convivência com os riscos oriundos da exploração dos recursos ambientais e que permeiam a civilização moderna, estão epistemologicamente atreladas a críticas sobre os modos de produção e sobre as formas de uso e extração mineral, com suas consequentes transformações paisagísticas e danos à qualidade de vida em diferentes escalas espaço-temporais (FELL *et al.*, 2008; GIRÃO *et al.*, 2018).

A atividade minerária ilustra, nesse contexto, o rol de atividades humanas com riscos socioambientais significativos, particularmente as que fazem uso de barragens de contenção de rejeitos de mineração. Conforme a Resolução nº 85, de 2 de dezembro de 2021, o rejeito constitui um material descartado durante e/ou após o processo de beneficiamento do minério (ANM, 2021). Nesse sentido, Andrew Robertson, consultor e projetista de grandes barragens de mineração em Vancouver (Canadá), em entrevista ao *The Wall Street Journal* em 2016, afirmou que barragens de rejeito estão entre as estruturas de maior risco da Terra (KIERNAN, 2016). Ademais, de acordo com a Resolução nº 14, de 11 de dezembro de 2019, considera-se o rompimento da barragem de Fundão como um evento de violação dos direitos humanos (CNDH, 2019). Observa-se, portanto, que a presença de barragens de rejeito de mineração cria situações de riscos ambientais e de potenciais danos para a sociedade, em especial na dimensão da bacia hidrográfica em que se situa. As ameaças geradas por essas estruturas surgem, principalmente, devido às radicais alterações no comportamento de variáveis geotécnicas (geológicas e hidrogeomorfológicas) do local onde as barragens são implementadas, afetando a dinâmica da bacia hidrográfica (COTA *et al.*, 2019). Essas ameaças podem ser potencializadas pelas atividades em operação, formas de gestão e manutenção das barragens, que em função das características ambientais e exposição da população, configuram situações de riscos para o sistema (KIERNAN, 2016; COTA *et al.*, 2019; GIRÃO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019; TREVIZAN, 2019).

No Brasil, os riscos de rompimento de barragens de minério tornaram-se um dos temas ambientais mais discutidos e de maior preocupação da sociedade nos últimos anos (COTA; G1 MG; SILVA *et al.*, 2019; TREVIZAN, 2019; EL PAIS, 2020). A dimensão dos desastres causados pelos rompimentos das barragens de Fundão, na bacia do rio Doce (novembro/2015) e da barragem da Mina Córrego do Feijão, na bacia do rio Paraopeba (janeiro/2019), alçaram o tema a um novo patamar de importância e preocupação em âmbito nacional. Uma vez materializado o rompimento, seus efeitos socioambientais adversos são sentidos não apenas *in situ*, mas em todo o território das bacias hidrográficas afetadas por um longo período de tempo, podendo inclusive gerar novas ameaças relacionadas (ou não) a rompimentos.

Estes e outros casos de rompimentos, em um período relativamente curto, intensificaram a crise social de confiança nas empresas de mineração e no poder público que, geralmente beneficiário ou mesmo dependente da atividade, cristaliza interesses que muitas vezes podem se fundir aos do setor minerário (SILVA *et al.*, 2019). Neste cenário, segmentos da sociedade civil e da mídia, especialistas e gestores da área ambiental têm questionado a capacidade de gerenciamento e controle dos riscos de rompimento de barragens assim como dos danos potenciais encadeados (SILVA *et al.*, 2019; TREVIZAN, 2019). Essa crescente desconfiança tem instigado o enrijecimento de regimentos legais, tal como a Resolução nº 95 de 7 de fevereiro de 2022 (ANM, 2022), e o aumento das fiscalizações dessas barragens como tentativa de garantir a segurança da integridade individual e coletiva, assim como a qualidade ambiental dos territórios das bacias nacionais.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar a distribuição espacial das barragens de rejeito de minério nas regiões hidrográficas brasileiras (RHs) e a consequente configuração de bacias hidrográficas de risco, com base nas ameaças de rompimento. A pesquisa acompanha o contexto de motivações para a geração de conhecimentos sobre a espacialização das barragens de rejeito de mineração do país, e busca chamar a atenção para a base informacional de apoio necessária

à gestão da segurança dessas estruturas, e que nos parece estar desajustada com a dinâmica integrada das bacias hidrográficas (COTA; G1 MG; SILVA *et al.*, 2019; EL PAIS, 2020). Essa investigação é realizada a partir do cumprimento dos seguintes objetivos específicos: (i) analisar a distribuição espacial das barragens nas RHs por bacias, municípios e substâncias minerais exploradas; (ii) analisar o enquadramento das classes de risco de rompimento de barragens das RHs; e (iii) identificar as bacias e RHs que apresentam maior risco de rompimento de barragens.

2 BASE TEÓRICA E NORMATIVA

2.1 Riscos ambientais e o conceito de bacias de risco

A teoria dos riscos possui um vasto arcabouço teórico-metodológico que, muitas vezes, se aplica de maneiras distintas aos estudos, conforme o tipo de abordagem que cada pesquisa requer. No entanto, uma vez que a questão ambiental transcende a divisão dos objetos científicos em prol de uma visão crítica sobre a natureza e sociedade, o risco sobre sua perspectiva deve - ser estudado de forma integral, a partir de modelos capazes de representar situações em processo, sob diferentes perspectivas espaciais e temporais (EGLER, 1996; CASTRO *et al.*, 2005; SOUZA e LOURENÇO, 2015). Assim, cada vez mais, a análise de riscos no contexto ambiental tem contribuído com estudos que relacionam as consequências adversas de atividades humanas sobre a sociedade e o ambiente e que configuram situações de riscos e danos potenciais. O encadeamento de ações humanas e seus efeitos sistêmicos são muitas vezes avaliados a partir da adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial, já que esta denota a complexidade da integração e influência de objetos e processos naturais e sociais no todo da paisagem, considerando a heterogeneidade de situações/estado do ambiente (DAGNINO e CARPI JR., 2007).

A avaliação de riscos ambientais não é algo trivial, uma vez que o ambiente é configurado por uma complexidade de fenômenos físicos e humanos em permanente interação e transformação, criando situações diversas de causas e efeitos. Estas assumem importâncias distintas na análise de risco de acordo com o objetivo da pesquisa, mas que no escopo da abordagem ambiental podem abranger desde a interpretação de características geográficas e qualitativas de determinado evento até a resiliência de uma comunidade ou sistema, caso o mesmo venha de fato a ocorrer (CASTRO e LOURENÇO, 2017; GIRÃO *et al.*, 2018).

Geralmente, riscos ambientais são concebidos no contexto de situações de probabilidade de exposição a algum tipo de evento adverso, esperado ou não, capaz de resultar em desastres que acarretam em danos para um indivíduo ou sistema. Embora haja uma diversidade de abordagens, o termo está atrelado aos seguintes aspectos: (i) predisposição ou susceptibilidade de ocorrência de um evento; (ii) ameaça ou capacidade de prejudicar a sociedade, economia ou o ambiente; e (iii) exposição ou vulnerabilidade da população ou quaisquer sistemas aos perigos do evento (SOUZA E LOURENÇO, 2015; CEPED/RS-UFRGS, 2016).

Em síntese, o risco é a probabilidade de perigo de materialização de uma ameaça causar danos e prejuízos para algo ou alguém: sistema, comunidade ou indivíduo (VEYRET, 2007; SOUZA e LOURENÇO, 2015; GIRÃO *et al.*, 2018). No caso do risco ambiental, a probabilidade dos perigos das ameaças e danos é formada pelo híbrido das relações de causas-consequências de fenômenos naturais, socioculturais e/ou tecnológicos (DAGNINO E CAPRI JR., 2007).

Pensando na dimensão geográfica das ameaças, Rebelo (2001) propôs o termo bacia de risco para dar ênfase ao estudo dos perigos que confluem para se manifestar em uma determinada unidade territorial. Segundo o autor, a bacia de risco define um conjunto de riscos que podem se manifestar em um mesmo espaço geográfico, não sendo desprezada a possibilidade de se manifestarem ao mesmo tempo e de modo encadeado (REBELO, 2001). O uso do termo visa chamar a atenção sobre a complexidade, integração e possibilidade de retroalimentação de

processos e ameaças em unidades sistêmicas como as bacias hidrográficas, bem como incitar novas perspectivas sobre a espacialização das análises de risco.

2.2 Gestão de riscos de barragens de rejeito de mineração no Brasil

No Brasil, o licenciamento ambiental de barragens está sujeito à legislação municipal, relativo ao uso e ocupação do solo, e estadual, que em Minas Gerais é de responsabilidade da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM e do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (VINAUD, 2019). Uma vez aprovado o licenciamento, a gestão e a fiscalização das barragens de rejeito de mineração são de responsabilidade do empreendedor e dos órgãos estaduais e federais, em especial da Agência Nacional de Mineração (ANM) e da Agência Nacional de Águas (ANA). A presença de órgãos vinculados à gestão das águas revela o potencial de impactos, riscos e danos nos recursos hídricos oriundos da presença dessas estruturas nas bacias hidrográficas (BRASIL, 2010). Na tentativa de controlar os riscos e danos potenciais oriundos das barragens, através da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, o governo brasileiro instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, criando instrumentos legais para planejamento e gestão das barragens.

No caso das barragens de rejeito, estas devem ser classificadas em função dos riscos e danos potenciais para a sociedade e o ambiente quando apresentam as seguintes características: altura do maciço maior ou igual a 15m (quinze metros); reservatório com capacidade maior ou igual a 3.000.000m³ ou que contenha resíduos; categoria de dano potencial associado, médio ou alto (BRASIL, 2010). As barragens de mineração enquadradas na PNSB devem ser classificadas quanto ao risco, segundo a metodologia da ANA (CNRH, 2012), através de uma matriz de integração, que correlaciona os resultados da Categoria de Riscos (CRI) e dos Danos Potenciais Associados (DPA), informados pelo empreendimento responsável pelas barragens (ANM, 2018; 2019). Além de características estruturais e ambientais relativas às barragens e ao local de instalação, são considerados como critérios de

enquadramento das classes a periodicidade de apresentação de documentos de vistorias e revisões dos Planos de Segurança de Barragens - PSB. Logo, as barragens são enquadradas em cinco classes com valores decrescentes: A, B, C, D e E. Quanto mais próximo da classe "A", maior o risco e dano, portanto, maior a periodicidade de inspeções na barragem, aprofundamentos e atualização das informações do PSB (COTA *et al.*, 2019).

Segundo a Resolução nº 143/ 2012, as CRI devem ser categorizadas de acordo com um conjunto de características intrínsecas a cada barragem que podem, portanto, aumentar ou reduzir a probabilidade de rompimentos. Os pesos são diferentes para cada critério e, quando somados, resultam no enquadramento das Categorias de Risco CRI: alto, médio e baixo (CNRH, 2012; 2016; ANM, 2018; 2019). Tais critérios envolvem aspectos técnicos das barragens (como altura, comprimento, tipo de fundação e vazão), estado de conservação (como confiabilidade das estruturas extravasoras e de captação, eclusa, percolação e deterioração do talude) e existência e nível de detalhamento do Plano de Segurança de Barragens – PSB (CNRH, 2012). A importância desse documento foi enfatizada pela Resolução ANM nº 13/2019. O parecer negativo ou a não apresentação aos órgãos oficiais da Declaração de Condição de Estabilidade (DCEs), além de aumentar o nível do CRI, pode condenar a estrutura, obrigando a empresa responsável a agir em caráter emergencial (ANM, 2018; 2019).

A metodologia de classificação do Dano Potencial Associado (DPA) é estabelecida pelas resoluções nº 143/2012 e 132/2016, essa última complementando a primeira com a inclusão da necessidade de identificação de impactos ambientais e socioeconômicos para estimar o potencial de perdas humanas decorrentes de possíveis rupturas de barragens (ANM, 2018; 2019; CNRH, 2012; 2016). As normas estabelecem que, independentemente da probabilidade, os DPAs podem ocorrer em função de alguma situação adversa, como o rompimento de uma barragem. Esse processo é orientado por critérios relacionados à presença de população a jusante, tipos de infraestruturas próximas,

áreas de proteção, - natureza e volume do rejeito armazenado, cada um com seu respectivo peso. O DPA deve envolver toda a área potencialmente afetada, a jusante e a montante da barragem. A soma dos pesos aplicados a cada critério indica se o DPA é alto, médio ou baixo (BRASIL, 2010; CNRH, 2016).

Uma vez que os valores dos CRIs e DPAs são enquadrados, integrados e - classificados na matriz de riscos da ANA, a ANM estabelece a periodicidade das inspeções de segurança e a necessidade do empreendimento responsável por elaborar e apresentar aos órgãos oficiais o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração - PAEBM (ANM, 2018). Este trabalha com cenários hipotéticos de desastres, fornecendo instruções processuais para tomada de medidas emergenciais em casos de rompimento (ANM, 2018; COTA *et al.*, 2019).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realização da pesquisa foi feito o levantamento de publicações técnicas, normas e bases de dados georreferenciadas das Agência Nacional de Águas (ANA, 2015; SNIRH, 2020), Agência Nacional de Mineração (ANM, 2018; 2019; SIGBM, 2020), e Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020).

Através de consultas ao site da ANA foram baixadas bases georreferenciadas sobre a divisão das unidades hidrográficas brasileiras, considerando o primeiro e o segundo nível escalar, ou seja, as regiões hidrográficas (RHs) e as bacias hidrográficas. A diferenciação entre regiões hidrográficas e bacias hidrográficas foi instituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), através da Resolução nº 32 de 2003, para orientar o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a partir de instrumentos de monitoramento e gestão das águas como, por exemplo, através da codificação de estações fluviométricas (MARCUIZZO, 2017). Assim, de acordo com a Resolução nº 32 de 2003, a região hidrográfica é compreendida pelo espaço territorial brasileiro abrangido “por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais,

sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos” (CNRH, 2003).

Também foram consultados relatórios com informações sobre as regiões hidrográficas e um panorama geral da atividade mineral nessas unidades (ANA, 2015; MMA, 2020). De acordo com a ANA (2015), o território brasileiro pode ser dividido em 12 Regiões hidrográficas (RHs): Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná, Parnaíba, São Francisco, Tocantins-Araguaia e Uruguai. Cada uma das RHs abrange grupos de bacias e sub-bacias contíguas com características físicas, naturais e socioculturais relativamente homogêneas, permitindo, portanto, a gestão integrada desses sistemas hidrográficos (ANA, 2015).

Já no site da ANM, foram baixados relatórios técnicos (ANM, 2018; 2019), dados cartográficos e tabulares sobre as barragens de rejeito, além dos dados publicados no Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração (SIGBM, 2020) até o dia de 20 de fevereiro de 2020.

Os dados foram pré-processados com o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), e sobrepostos aos dados geoespaciais da ANA (SNIRH, 2020), considerando os limites do 1º e 2º nível das unidades hidrográficas, o que possibilitou mapear e avaliar o percentual das ocorrências totais das barragens de rejeito, inseridas e não inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) por região hidrográfica e bacias hidrográficas (ANA, 2015; SIGBM; SNIRH, 2020).

Após, foi realizada a análise espacial das regiões hidrográficas, considerando a distribuição espacial das barragens de rejeito inseridas na PNSB: bacias e municípios de maior concentração, minérios explorados e outros aspectos gerais. As barragens conformes à PNSB se enquadram no Artigo 1º da Lei Nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010) e apresentam: (i) Categorias de Riscos – CRI; (ii) Danos Potenciais Associados (DPA); (iii) Classificação final, da matriz de integração da ANA; (iv) exigência ou não do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração

(PAEBM), e (v) situação da Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), que teve sua última atualização publicada em outubro de 2019 (ANM, 2018; 2019). Assim, essas informações também puderam ser extraídas considerando os recortes espaciais das unidades hidrográficas por meio de SIG, quando foram executadas técnicas de seleção por localização, atributos e clipagem. Os resultados indicaram a variabilidade espacial das classes de riscos e danos, exigência do PAEBM, e irregularidades ou inexistência da DCE (necessidade de interdições) atribuídas às barragens de rejeito por unidade hidrográfica (SIGBM; SNIRH, 2020).

As três bacias de cada RH com as maiores concentrações de barragens de rejeito (inseridas na PNSB) foram selecionadas e comparadas quanto à quantidade e qualidade (classes de risco) das barragens em seus territórios. Para isso, foram aplicadas as ferramentas *Analysis tools/Statistics/Frequency* do ArcGis 10.5. Foram apresentados dados do total relativo de barragens nas unidades avaliadas e para as classes de riscos, sendo também incluídas as barragens em estado emergencial de interdição (ANM, 2019; SIGBM, 2020). Estes dados contribuíram para estabelecer critérios quantitativos e qualitativos para caracterizar regiões hidrográficas e bacias com maior quantidade de barragens, e com elevada classificação de risco (BRASIL, 2010; CNRH, 2012; 2016). Estas foram classificadas como bacias de risco, segundo o conceito de Rebelo (2001). Para isso, a pesquisa definiu um valor máximo de barragens para cada bacia a partir da média do total de barragens nas três bacias de cada RH com mais barragens de rejeito da PNSB. Uma vez atendido o primeiro critério, as bacias que apresentaram barragens com risco classe "A" ou percentuais de 50% ou mais de barragens classe "B" foram definidas como bacias de risco (REBELO, 2001).

O enquadramento de algumas bacias das RHs como bacias de risco visa incitar novas perspectivas para análises de risco de barragens de rejeito, considerando a possibilidade de manifestação de ameaças sistêmicas em unidades hidrográficas através da proposição/testagem de novos critérios e formas de relacionamento dos dados. Cabe ressaltar que a adoção do termo, para este trabalho, foi realizada apenas em pequena escala cartográfica, de 1:250 km, considerando o contexto geográfico das unidades hidrográficas brasileiras.

Portanto, as análises tomam por base a delimitação areal das bacias e desconsidera a posição das barragens em relação a outros condicionantes como geologia, geomorfologia, rede de drenagem, topografia e declividade, uma vez que não são o objetivo deste trabalho.

As análises de algumas bacias de risco foram enriquecidas com informações sobre acidentes recentes com rompimentos de barragens de rejeito, e que tem influenciado, conforme a literatura, o questionamento da sociedade brasileira sobre os reais riscos e potenciais danos derivados. O trabalho adota três casos específicos de rompimentos em Minas Gerais devido à magnitude dos impactos causados: B-I em setembro de 2014 no município de Itabirito; Fundão em novembro de 2015, em Mariana; e B-I janeiro de 2019 no município de Brumadinho.

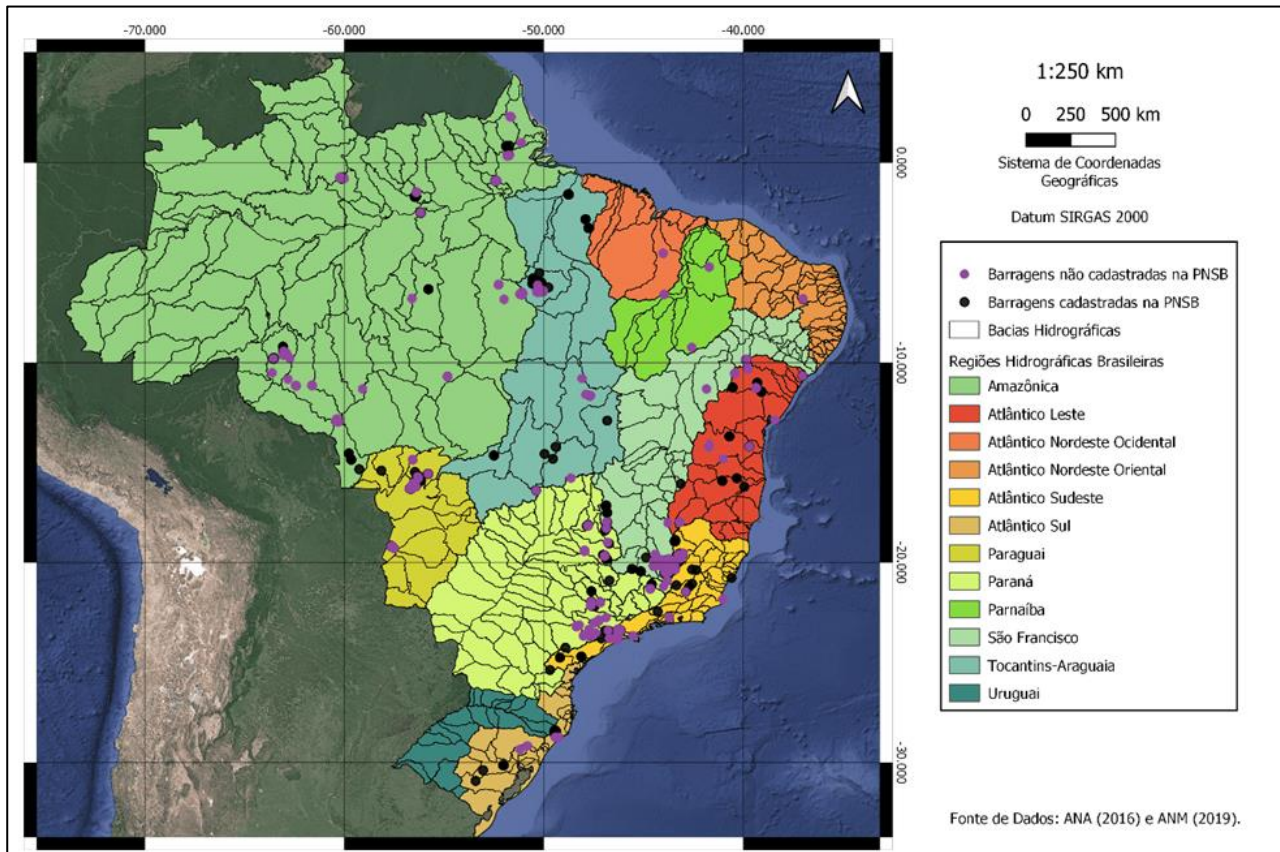
4 RESULTADOS

4.1 Panorama espacial das barragens de rejeito nas regiões hidrográficas

Associadas às atividades de mineração, as barragens de rejeito ocorrem próximo aos locais de exploração das jazidas, e se distribuem pelas regiões e bacias hidrográficas de forma irregular (Figura 1).

Conforme dados levantados até fevereiro de 2020, o Brasil possui 835 barragens de rejeito de mineração cadastradas no SIGBM (2020); estando 430 (51,50%) inseridas na PNSB (Tabela 1), o que as enquadra como estruturas que devem ser avaliadas quanto aos riscos de rompimento.

Figura 1 – Barragens de rejeito nas regiões hidrográficas e bacias hidrográficas nacionais



Fonte: Dados da pesquisa, modificado do SIGBM; SNIRH (2020)

Tabela 1 – Barragens de rejeito de mineração nas RHs brasileiras

Região Hidrográfica (ANA)	Não PNSB		PNSB		Total	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Amazônica	58	6,95%	63	7,54%	121	14,49%
Atlântico Leste	18	2,16%	20	2,40%	38	4,55%
Atlânt. Nordeste Ocidental	2	0,24%	1	0,12%	3	0,36%
Atlântico Nordeste Oriental	1	0,12%	0	0,00%	1	0,12%
Atlântico Sudeste	57	6,83%	74	8,86%	131	15,69%
Atlântico Sul	4	0,48%	14	1,68%	18	2,16%
Paraguai	50	5,99%	44	5,27%	94	11,26%
Paraná	57	6,83%	44	5,27%	101	12,10%
Parnaíba	2	0,24%	0	0,00%	2	0,24%
São Francisco	127	15,21%	125	14,97%	252	30,18%
Tocantins-Araguaia	29	3,47%	45	5,39%	74	8,86%
Uruguai	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
TOTAL	405	48,50%	430	51,50%	835	100,00%

Fonte: Dados da pesquisa, modificado do SIGBM; SNIRH (2020)

A Região Hidrográfica Amazônica possui 121 barragens de rejeito (14,49% do total), 63 delas (7,54%) na PNSB (SIGBM; SNIRH, 2020). Isso se deve a exploração

de diferentes recursos minerais como argila, areia, minério de ouro primário, rocha aurífera, seja por meio de garimpos, em geral irregulares, ou por empresas formalizadas (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). A concentração de barragens inseridas na PNSB se destaca nas bacias do Baixo Trombetas (PA) com 24 barragens, Jamari (RO), 11 barragens, e Alto Guaporé (MT), com seis estruturas. Somente no município de Oriximiná (PA), no Baixo Trombetas, há 23 barragens de rejeito de exploração de argila. A bacia do Jamari se destaca pela exploração de aluvião estanífero, sendo os municípios de Itapuã do Oeste e Ariquemes os que possuem respectivamente oito e seis barragens, destacando a exploração de aluvião estanífero. A bacia do Alto Guaporé agrega barragens de rejeito voltadas principalmente para a exploração de ouro, destacando-se os municípios de Vila Bela de Santíssima Trindade, com três barragens, e Nova Lacerda, com duas. Outro destaque é o município de Presidente Figueiredo (AM), com oito barragens de rejeito na PNSB: quatro na bacia do Jauaperi, e quatro na bacia do Alto Uatumã. Outras sete barragens ocupam o território, mas não estão na PNSB, não existindo um monitoramento mais rígido de normas de segurança (BRASIL, 2010). Logo, o fato de algumas barragens não se enquadrarem na PNSB, prejudica a ação das autoridades locais, uma vez que não existem informações sobre os riscos e danos potenciais dessas estruturas. Em Oriximiná (PA), as barragens têm trazido riscos para a segurança hídrica da população, impactando a qualidade das águas na bacia do Baixo Trombetas (ALEPA, 2019). Situação semelhante acontece no município paraense de São Félix do Xingu, bacia do Médio Xingu, o qual possui oito barragens de rejeito, mas nenhuma na PNSB. Pescadores têm reclamado dos impactos nos cursos d'água, oriundos da extração de níquel e que afetam a qualidade das águas, a fauna aquática e, portanto, a pesca na bacia (ALEPA, 2019).

Na *Região Hidrográfica Atlântico Leste* estão 38 (4,55% do total) das barragens de rejeito, com 2,4% (20) na PNSB, concentrando-se oito na bacia do rio Itapicuru (BA), cinco na bacia do Rio de Contas (BA) e cinco na bacia do rio Jequitinhonha (BA) (SIGBM; SNIRH, 2020). Os municípios com mais barragens na PNSB são Barrocas e

Maracás (ambos com quatro barragens). Outros municípios como Jacobina, Santaluz, Pedra Azul e Maiquinique têm duas barragens.

O rejeito está relacionado, sobretudo, à exploração de minério de ouro primário, rocha aurífera, níquel e vanádio (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). Apesar de haver um número menor de barragens de rejeito se comparado a outras regiões, foram verificados impactos significativos nos territórios hidrográficos. O caso mais sério envolve o vazamento de resíduos radioativos do rejeito de urânio, no município de Lagoa Real (BA), na bacia do Rio de Contas (SIGBM; SNIRH, 2020). Outro exemplo é o assoreamento da bacia do rio Itapicuru (BA), devido à extração de granito, mármore e garimpos clandestinos de ouro (MMA, 2020). No Alto Vale do Jequitinhonha, a mineração tem causado o assoreamento de vários córregos, prejudicando a disponibilidade hídrica e a qualidade das águas de vários municípios mineiros (MMA, 2020).

A *Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental* possui três (0,36%) barragens cadastradas, sendo apenas uma inserida na PNSB (SIGBM; SNIRH, 2020). Esta barragem está localizada na bacia de Turiaçu, município de Godofredo Viana (MA), e retém rejeitos oriundos da exploração de ouro. As outras duas barragens estão nos municípios maranhenses de Codó e Pastos Bons, na bacia do rio Itaecuru, e recebem o rejeito da extração de argila e saibro (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

Na *Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental* poucos municípios apresentam atividades de mineração, com apenas uma barragem de rejeito (0,12% do total), e que não está na PNSB (SIGBM; SNIRH, 2020). Ela ocorre no município de Várzea, na Paraíba (PB), na bacia do rio Seridó, e os rejeitos provêm da exploração de areia quartzosa. Nas bacias Potiguares, de Piranhas-Açu e Piranhas-Apodi são realizadas as extrações de barris de petróleo (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). No estado da Paraíba há a exploração de calcário e bentonitas, água mineral, feldspato, amianto e gemas. Pernambuco responde por 90 % da exploração nacional de gipsita (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

Na *Região Hidrográfica Atlântico Sudeste* há 131 barragens de rejeito (15,69%), 74 delas (8,86%) na PNSB (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). A maior presença ocorre na bacia do rio Doce (59), sobretudo no alto curso, em Minas Gerais, onde se destaca a exploração de minério de ferro, ouro por garimpo, areia e argila. Nesta bacia, os municípios com mais barragens são Itabira (15), Mariana (8), Ouro Preto (5), Catas Altas (5), Conceição do Mato Dentro (5), São Gonçalo do Rio Abaixo (4), Santa Bárbara (4) e Barão de Cocais (3). Na bacia do Paraíba do Sul há oito barragens incluídas na PNSB, sendo quatro em municípios paulistas (Mogi das Cruzes, Guararema e duas em Santa Isabel), três em municípios mineiros (duas em Mirai e outra em Itamari de Minas), e apenas uma no estado do Rio de Janeiro, município de Quatis. Na bacia do Ribeira ocorrem seis barragens submetidas à PNSB. Dessas, três estão em Minas Gerais (uma em Campo Largo e duas em Cerro Azul), as outras três barragens estão no município paulista de Cajati. No litoral do Espírito Santo, na bacia do Benevente, existe apenas uma barragem (dentro da PNSB) no município de Anchieta, onde são armazenados rejeitos oriundos da extração de minério de ferro (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

Na *Região Hidrográfica do Atlântico Sul* há 18 (2,16%) barragens de rejeitos, estando 14 (1,68%) na PNSB. As estruturas são oriundas da exploração de carvão mineral, arenito e areia (ANA, 2015; ANM; 2020). Dentre as bacias com mais barragens de rejeito se destacam o sistema do Litoral de Santa Catarina - Araranguá (10), Guaíba (3), e o Litoral do Rio Grande do Sul - Camaquá (1). Na região de Araranguá, o município de Treviso concentra seis estruturas. Na bacia do Guaíba, as três barragens ocorrem em Minas do Leão, Cachoeira do Sul e Butiá. No Litoral do Rio Grande do Sul, a barragem está situada no município de Caçapava do Sul (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

A *Região Hidrográfica do Paraguai* concentra 94 barragens (11,26% do total), com 44 (5,27%) na PNSB (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). Dessas, 21 se situam na bacia do Alto Rio Cuiabá (MT), 16 no sistema Paraguai-Pantanal (MT) e seis na bacia do Taquari (MS). Em Mato Grosso, o rejeito provém principalmente da exploração de

minério de ouro primário e rocha aurífera, destacando-se o município de Nossa Senhora do Livramento, com 21 barragens na PNSB: 18 no Alto Rio Cuiabá e três no sistema Paraguai-Pantanal. Nesta bacia se concentram também outras 13 barragens de rejeito de rochas auríferas, no município de Poconé. Já no estado do Mato Grosso do Sul, na bacia do rio Taquari, 6 barragens de rejeito (da PNSB) estão situadas no município de Corumbá (MS). O rejeito dessas barragens é proveniente principalmente da exploração de minério de manganês, minério de ferro e minério de ouro primário (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

A *Região Hidrográfica Paraná* abrange 101 (12,10%) barragens de rejeito, com 44 (5,27%) na PNSB (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). Dessas, 15 ocorrem na bacia do rio Araguari (MG), oito na bacia do rio Grande (MG e SP) e sete no Rio Tietê (SP). Na bacia do Rio Araguari, nove barragens estão no município de Araxá, e outras seis em Tapira. O rejeito dessas barragens vem da exploração de fosfato, nióbio e minério de ferro. A bacia do Rio Grande agrega barragens presentes em municípios mineiros e paulistas, mas o número de estruturas na PNSB prevalece em Nazaré e São Simão/MG (duas em cada município). As jazidas dessa bacia são de areia industrial, argila, pegmatito e minério de níquel. Também em São Paulo, mas na bacia do rio Tietê, ocorrem duas barragens no município de Mogi das Cruzes e outras duas na capital. Estas exploram granito, calcário dolomítico, argila e areia. Na bacia do rio Paranaíba, em Minas Gerais, há três barragens no município de Patos de Minas, e duas em Lagamar, todas para contenção de rejeito de fosfato (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

Na *Região Hidrográfica Parnaíba*, as duas barragens de rejeito cadastradas (0,24% do total) não estão na PNSB. Uma se localiza na bacia do Alto Canindé, município de São Lourenço do Piauí (PI), e comporta rejeito da exploração de saibro; a outra está na bacia do rio Poti, em Castelo do Piauí (PI), com rejeito da exploração de quartzito (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). No entanto, mesmo não sendo tão significativa a quantidade de barragens nessa RH, a atividade minerária tem causado problemas como assoreamento de cursos d'água, poluição hídrica e desmatamento. Este tem acarretado em processo de desertificação em Gilbués no Piauí (MMA, 2020).

A *Região Hidrográfica do Rio São Francisco* possui 252 (30,18% do total) barragens de rejeito nacional, com 125 delas (14,97%) na PNSB (SIGBM; SNIRH, 2020). Na bacia do Alto São Francisco está situado o Quadrilátero Ferrífero (MG), região geologicamente constituída por abundantes reservas minerais e intensa atividade minerária (COTA, 2019; MMA, 2020). Nesta RH destaca-se a extração de minério de ferro, areia, cascalho, argila arenosa, minério de manganês (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). Ao longo do tempo, os impactos gerados pela mineração (o que inclui a construção e operação das barragens de rejeito), tem causado a degradação dos recursos hídricos e dos ecossistemas (COTA, 2019; MMA, 2020), além de maximizar o risco de danos potenciais ao ambiente e à população, com a presença das barragens de rejeito. Nesta RH, a maior quantidade de barragens na PNSB se concentra nas bacias hidrográficas do Alto São Francisco, em Minas Gerais: rio Paraopeba, 51 barragens, Velhas, 56 barragens, e Paracatu, 10 barragens (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). Na bacia do Paraopeba, as barragens de rejeitos de minério de ferro ocorrem nos municípios de Brumadinho (16), Congonhas (10), Itatiaiuçu (9) e Ouro Preto (5). Ainda mais significativa é a quantidade de barragens na bacia do Rio das Velhas (56), em especial nos municípios de Nova Lima (23 na PNSB), Itabirito (14 na PNSB), Ouro Preto (6) e Rio Acima (7). Na bacia do Paracatu, nove barragens se concentram no município de mesmo nome e outra em Vazante (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

A *Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia* possui 74 barragens de rejeito (8,86% do total), estando 45 (5,39%) na PNSB. A mineração apresenta grande importância econômica nessa RH, sobressaindo a extração de minério de ferro, minério de manganês, minério de cobre, minério de ouro primário, e areia, (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). O histórico da mineração irregular, principalmente devido a garimpagem e extração de areia em pequenos mananciais, tem causado a degradação dos sistemas hidrográficos, impactando na qualidade das águas e no aporte de sedimentos para os cursos d'água, acelerando processos de assoreamento (MMA, 2020). Considerando as barragens enquadradas na PNSB, a concentração é mais abundante nas bacias paraenses de Itacaiunas, 20, e Acara Guama, com 18. No estado de Mato Grosso, destaca-se o sistema Alto Mortes, com

três barragens de rejeito de ouro em Nova Xavantina, e em Goiás, o Alto Médio Araguaia, com duas barragens em Alto Horizonte e Crixás (ANM, 2020). Na bacia de Itacaiunas (PA), 10 barragens estão no município de Parauapebas e sete em Marabá, com rejeito da mineração de cobre, ferro e manganês. Já na bacia de Acara Guama (PA), o rejeito é oriundo da exploração de caulim e bauxita, com 11 barragens no município de Barcarena, e quatro em Paragominas (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020).

Na *Região Hidrográfica do Uruguai* não há registros de barragens de rejeito, embora haja extração de areia e cascalho nos rios Ibicuí, Santa Maria e Uruguai (MMA; SIGBM; SNIRH, 2020). Os impactos da mineração têm causado alterações negativas em ambientes específicos, mas sem grave degradação dos seus recursos (MMA, 2020). Das 12 RHs brasileiras, apenas a RH Uruguai não possui registro de barragens de rejeito.

Tabela 2 – RHs com barragens de rejeito inseridas na PNSB: bacias e municípios de maior concentração

RHs	Bacias com mais barragens	Municípios	Minérios
Amazônica	Baixo Trombetas (24), Jamari (11), Alto Guaporé (6)	Oriximiná (23), Ariquemes (5), Itapuã Do Oeste (7), Vila Bela da Santíssima Trindade (3)	argila, areia, estanho, ouro
Atlântico Leste	Itapicuru (8), Contas (5), Jequitinhonha (5)	Barrocas (4), Maracás (4), Jacobina (2), Santaluz (2) Pedra Azul (2), Maiquinique (2)	xisto, areia, ouro, níquel e vanádio.
Atlântico Nordeste Ocidental	Turiaçu	Godofredo Viana	ouro primário
Atlântico Sudeste	Rio Doce (59), Paraíba do Sul (8), Ribeira (6)	Itabira (15), Mariana (8), Ouro Preto (5), Catas Altas (5), Conceição Do Mato Dentro (5), São Gonçalo Do Rio Abaixo (4), Santa Bárbara (4).	ferro, aluvião com gemas, filito, ouro, bauxita, fluorita, rocha carbonática e fosfática.
Atlântico Sul	Litoral de SC Araranguá (10), Guaíba (3), Litoral do RS Camaquá (1)	Treviso (6), Lauro Müller (3), Siderópolis (2)	carvão mineral, arenito.

Paraguai	Alto Rio Cuiabá (21), Paraguai-Pantanal (13), Taquari (6)	Nossa Senhora Do Livramento (21), Cuiabá (3), Poconé (13), Corumbá (6)	manganês, ferro, ouro areia, argila areia, argila, pegmatito, níquel, fosfato, nióbio, ferro, granito, calcário dolomítico
Paraná	Araguari (15), Rio Grande (8), Tietê (7)	Araxá (9), Tapira (6), Ouvidor (4), Nazaré (2), São Simão (2)	ferro, areia, cascalho, manganês, calcário, ouro, dolomita.
São Francisco	Paraopeba (51), Velhas (56), Paracatu (10)	Nova Lima (23), Itabirito (14), Paracatu (9), Rio Acima (7), Brumadinho (16), Congonhas (10), Itatiaiuçu (10), Ouro Preto (11).	ferro, manganês, cobre, ouro, areia, caulim, bauxita.
Tocantins-Araguaia	Itacaiunas (20), Acara Guama (18), Alto Mortes (3)	Parauapebas (11), Marabá (7), Barcarena (11), Paragominas (4), Ipixuna Do Pará (3), Nova Xavantina (3)	

Fonte: Dados da pesquisa, modificado do SIGBM; SNIRH (2020)

A concentração de barragens inseridas na PNSB em cada RH, em relação ao total dessas estruturas no Brasil, pode ser observada na Tabela 2, junto às informações das principais bacias, municípios e minérios explorados em cada RH.

Apesar das RHs Uruguai, Atlântico Nordeste Oriental e Parnaíba não possuírem barragens na PNSB, as outras nove RHs possuem tais registros no SIGBM, e logo puderam ser avaliadas também quanto a representatividade dessas estruturas em relação a estas unidades hidrográficas (SIGBM; SNIRH, 2020). Assim, foi identificado que os maiores percentuais de barragens na PNSB e, portanto, com maiores riscos para a sociedade, ocorrem nas RHs São Francisco (29,07%), Atlântico Sudeste (17,21%) e Amazônica (14,65%). Os valores são apresentados na Tabela 2, junto a identificação das três bacias de cada RH com maior quantidade de barragens da PNSB, municípios de ocorrência e principais tipos de minérios explorados.

4.2 A configuração de bacias de risco

A partir da análise percentual sobre as classes de risco das barragens de rejeito (inseridas na PNSB), pôde-se constatar que o enquadramento mais representativo é de risco nível "B" (53%), seguida das classes "C" (31,3%), "A" e "E" (ambas 7,2%). Considerando o recorte espacial das RH, verifica-se que, com exceção da RH Amazônica, onde 57,1% das barragens são de risco "C", a classe "B" predomina nas demais. Barragens de risco "D" foram, em geral, as de menor expressão e aparecem apenas nas RH Paraguai (9,1%) e Paraná (4,5%). Cabe destacar a quantidade (ainda que relativa) de barragens classificadas com risco "A", que representam 7,2%. Destaque para as RHs Atlântico Sudeste e São Francisco, que possuem respectivamente, 10,8% e 15,2% das barragens de rejeito na classe "A". Vide Tabela 3.

Embora em menor quantidade, barragens com classe "A" de risco trazem grande preocupação social, já que possuem maiores chances de rompimento e de dano potencial associado (SIGBM; SNIRH, 2020). O caso envolvendo a empresa Mundo Mineração, que encerrou suas atividades em 2011 e abandonou duas barragens no município de Rio Acima (MG) (RH São Francisco, bacia do Rio das Velhas) com "alto" CRI e DPAs revelam como a negligência torna o contexto ainda mais grave (EL PAÍS, 2020; G1 MG, 2019; SILVA et al., 2019;). A espacialização das barragens por classes nas regiões hidrográficas é apresentada na Figura 2.

Tabela 3 – RHs com barragens de rejeito inseridas na PNSB: bacias e municípios de maior concentração

RHs	Total ¹		Classes de Risco - Matriz de Integração da ANA ²										PAEBM		DCE irregular	
	n°	%	A		B		C		D		E		n°	%	n°	%
			n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%				
Amazônica	63	14,7	0	0,0	26	41,3	36	57,1	0	0,0	1	1,6	27	10,5	7	12,96
Atlântico Leste	20	4,7	1	5,0	15	75,0	4	20,0	0	0,0	0	0,0	16	6,2	2	3,70
Atlân. Norte. Ocidental	1	0,2	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,4	0	0,00
Atlântico. Sudeste	74	17,2	8	10,8	40	54,1	18	24,3	0	0,0	8	10,8	49	19,1	5	9,26

¹ Total % de barragens totais (inseridas e não inseridas na PNSB) de cada RHs (ANM, 2019; 2020).

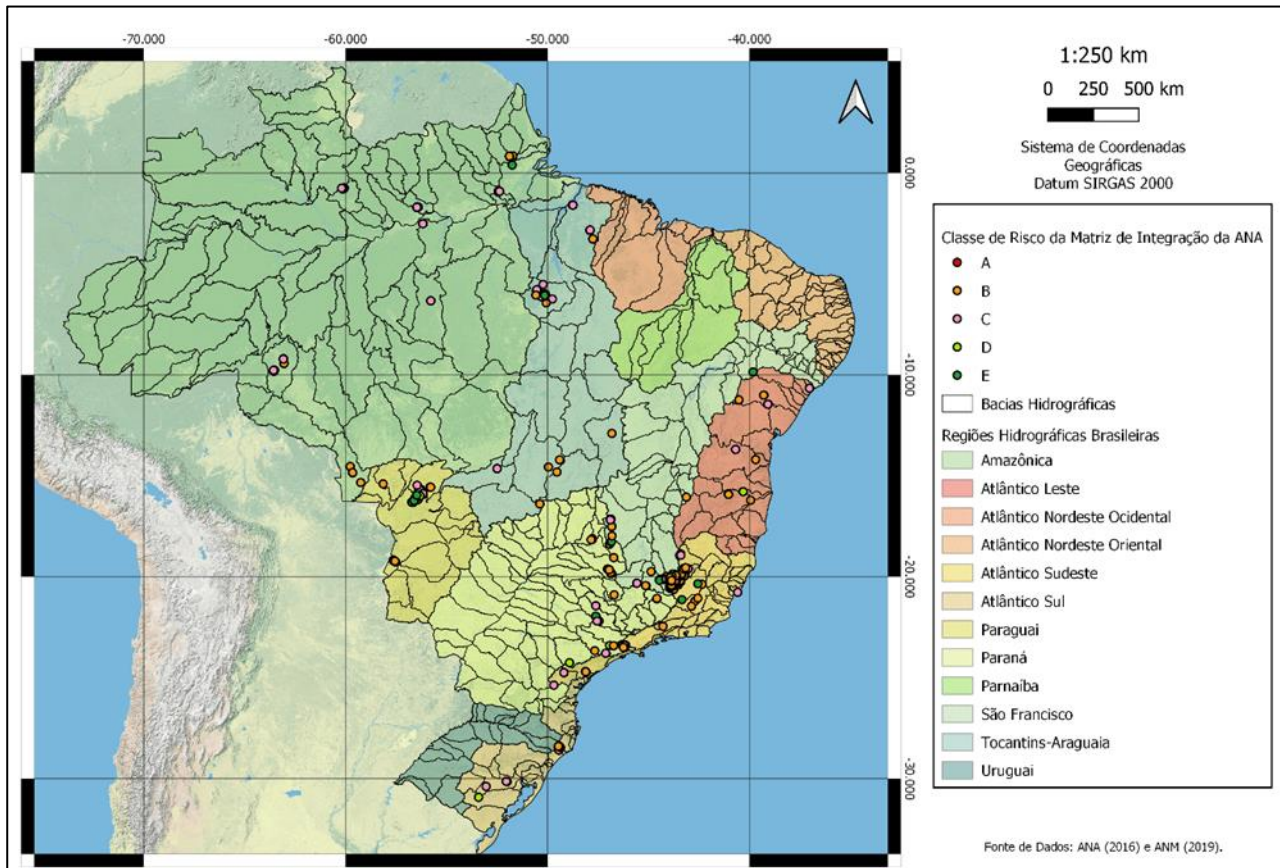
² Total % de barragens por classes de risco (A, B, C, D, E) em relação ao total de barragens (da PNSB) na RH correspondente (ANM, 2019; 2020).

Atlântico Sul	14	3,3	0	0,0	11	78,6	3	21,4	0	0,0	0	0,0	10	3,9	4	7,41
Paraguai	44	10,2	2	4,5	17	38,6	16	36,4	4	9,1	5	11,4	16	6,2	2	3,70
Paraná	44	10,2	1	2,3	28	63,6	9	20,5	2	4,5	4	9,1	28	10,9	4	7,41
São Francisco	125	29,1	19	15,2	60	48,0	34	27,2	0	0,0	12	9,6	82	31,9	27	50,00
Tocantins-Araguaia	45	10,5	0	0,0	30	66,7	14	31,1	0	0,0	1	2,2	28	10,9	3	5,56
TOTAL	430		31	7,2	228	53,0	134	31,2	6	1,4	31	7,2	257		54	

Fonte: Dados da pesquisa, modificado do SIGBM; SNIRH (2020)

Como consequência do grande número de barragens de rejeito incluídas nas classes de risco mais elevadas, atualmente 257 precisam apresentar o PAEBM (Tabela 3). Destaca-se a RH São Francisco que agrega 31,9% das barragens de rejeito sujeitas a tal exigência, seguida das RHs Atlântico Sudeste (19,1%), Paraná e Tocantins-Araguaia (10,9%), Amazônica (10,5%), Atlântico Leste e Paraguai (6,2%) Atlântico Sul (3,9%) e Atlântico Nordeste Ocidental (0,4%). As RHs São Francisco e Atlântico Sudeste se destacam pela quantidade e níveis de risco das barragens de rejeito em suas bacias e também da necessidade do PAEBM. Cabe lembrar que nos últimos seis anos, algumas bacias destas RHs sofreram desastres socioambientais com uma certa frequência, o que reforça a preocupação com o risco de novos rompimentos.

Figura 2 – Classes de risco das barragens de rejeito inseridas na PNSB nas regiões hidrográficas e bacias hidrográficas brasileiras



Fonte: dados da pesquisa, modificado do SIGBM; SNIRH (2020)

Os dados mais recentes sobre barragens com Declaração de Condição de Estabilidade – DCE irregulares incluem documentos não regulamentados ou não enviados aos órgãos oficiais (ANM, 2019; SIGBM, 2020) também são apresentados na Tabela 3. As DCEs são emitidas exclusivamente pela ANM e devem ser renovadas periodicamente para compor o Plano de Segurança de Barragens – PSB e, em alguns casos, o PAEBM. Na DCE há problemas estruturais que devem ser resolvidos para garantir a estabilidade das barragens. Até setembro de 2019 (ANM, 2019), 54 barragens deveriam ser interditadas por inconformidades na DCE ou por não terem entregue este documento à ANM. A RH São Francisco concentra 50% dos casos de inconformidade, seguida da RH Amazônica (13%) e RH Atlântico Sudeste (9,26%) (ANM, 2019; SIGBM; SNIRH, 2020).

Tabela 4 – Bacias com mais barragens de rejeito e a configuração das Bacias de Risco (*)

RHs	Bacias	Nº	Nº barragens/Classe de Risco	Emergências (nº e %)	
Amazônica	Baixo Trombetas*	24	14(B) - 10(C)	-	-
	Jamari	11	2(B) - 9(C)	-	-
	Alto Guaporé	6	4(B) - 2(C)	-	-
Atlântico Leste	Jequitinhonha	5	1(A) - 3(B) - 1(C)	-	-
	Itapicuru	8	7(B) - 1(C)	-	-
	Conta	5	5(B)	-	-
Atlân. Nordeste Ocidental	Turiaçu	1	1(B)		
Atlântico Sudeste	Doce *	59	8(A) - 33(B) - 11(C) - 7(E)	5	21,05 %
	Paraíba do Sul	8	4(B) - 3(C) - 1(E)	-	-
	Ribeira	6	3(B) - 3(C)	-	-
Atlântico Sul	Lit. de SC Araranguá	10	9(B) - 1(C)	-	-
	Guaíba	3	1(B) - 2(C)	-	-
	Litoral do RS Camaquá	1	1(B)	-	-
Paraguai	Alto Rio Cuiabá*	21	1(A) - 10(B) - 4(C) - 2(D) - 4(E)	-	-
	Paraguai-Pantanal*	16	2(B) - 4(C)	-	-
	Taquari	6	1(A) - 4(B) - 8(C) - 2(D) - 1(E)	-	-
Paraná	Araguari*	15	1(A) - 10(B) - 2(C) - 2(E)	1	5,26%
	Rio Grande	8	4(B) - 3(C) - 1(E)	-	-
	Tietê	7	6(B) - 1(D)	-	-
São Francisco	Paraopeba*	51	6(A) - 24(B) - 16(C) - 5(E)	4	21,04 %
	Velhas *	56	13(A) - 26(B) - 12(C) - 5(E)	10	52,63 %
	Paracatu	10	6(B) - 4(C)	-	-
Tocantins-Araguaia	Itacaiunas*	20	8(B) - 11(C) - 1(E)	-	-
	Acara Guama*	18	17(B) - 1(C)	-	-
	Alto Mortes	3	1(B) - 1(C)	-	-
Total de barragens nas três bacias das RHs		378		19	

Fonte: Dados da pesquisa, modificado do SIGBM; SNIRH (2020)

A partir desses resultados, a pesquisa avaliou a recorrência das classes de risco nas três bacias de cada RH com maior número de barragens, correlacionando-as com as estruturas indicadas recentemente pela ANM (2019), que precisam tomar medidas emergenciais de segurança (Tabela 4). Considerando o total de 378 barragens em 25 bacias das RHs brasileiras, a média aproximada de barragens para cada bacia foi de 15 (SIGBM; SNIRH, 2020). Os sistemas que possuem um valor igual ou maior a 15 barragens, e que possuem alguma com classe de risco "A" ou 50 % ou mais barragens na classe de risco "B", foram definidas como bacias de

risco. Nesse caso se enquadram nove bacias: Baixo Trombetas (RH Amazônica); Rio Doce (RH Atlântico Sudeste); Alto Rio-Cuiabá e Paraguai-Pantanal (RH Paraguai); Araguari (RH Paraná); Paraopeba e Velhas (RH São Francisco); Itacaiunas e Acará Guama (RH Tocantins-Araguaia). Estas bacias concentram muitas barragens com níveis elevados de riscos e danos potenciais de rompimento (Tabela 4).

No entanto, diante dos casos de negligência e incertezas identificados durante o trabalho, ou mesmo se considerarmos outros critérios (por exemplo, a quantidade de barragens não inseridas na PNSB), outras bacias poderiam ser incluídas nessa configuração espacialmente complexa dos riscos. O enquadramento desses sistemas como bacias de risco é reforçado pela ocorrência de barragens que precisam de ações emergenciais para estabilização. Segundo a ANM (2019), dentre as 19 barragens em estado de alerta, 10 (52,63%) estão na bacia do Rio das Velhas, quatro (21,05%) na bacia do Paraopeba, e quatro (21,05%) na bacia do Alto Rio Doce. Cabe lembrar que, nestas bacias, os últimos seis anos foram marcados por desastres ambientais e sociais causados por barragens de rejeito de mineração (COTA; G1 MG; SILVA *et al*, 2019; EL PAIS, 2020).

Na bacia do Rio das Velhas (RH São Francisco), no dia 10 de setembro de 2014, se rompeu a barragem de rejeito de minério de ferro B1, da Herculano Mineração LTDA, município de Itabirito (MG). Três pessoas morreram e seis mananciais e ecossistemas aquáticos foram impactados. Os danos só não foram maiores porque parte do rejeito foi retido pelas barragens B2, B3 e B4, a jusante da B1 (COTA et al., 2019). Contudo, naquela época, a barragem que se rompeu era enquadrada na classe “D”, com “baixo” risco (CRI) e DPA (potencial de dano) “médio” (ANM, 2019).

Pouco tempo depois, em cinco de novembro de 2015, a bacia do rio Doce (RH Atlântico Sudeste), mais precisamente o subsistema do rio Piranga, município de Mariana (MG), foi palco de um dos maiores desastres ambientais do país, causado pelo rompimento da barragem de Fundão. Inicialmente o fluxo viscoso atingiu a barragem de Santarém, a jusante, causando o seu galgamento, e

irrompendo os vales do rio Gualaxo do Norte até alcançar o rio Doce, e por este percorrendo 670 km até o litoral Atlântico no município de Linhares, Espírito Santo (ROSMAN et al., 2016; SILVA *et al.*, 2019). Apesar de não ter sido rompida, Santarém teve a sua estrutura comprometida, aumentando a sua instabilidade e o fator de risco de rompimento. Com o impacto do rompimento de Fundão, cerca de 35 milhões de m³ de rejeitos liquefeitos foram lançados nos cursos d'água, acarretando em grandes impactos socioambientais (ROSMAN *et al.*, 2016). No total, 19 pessoas foram mortas, além de todos os desabrigados dos distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo. Pesquisas realizadas nas águas do rio Doce após o rompimento da barragem apontaram que as concentrações de alumínio, ferro, níquel e chumbo estiveram acima dos valores permitidos pela resolução CONAMA 357 para rios de classe 2, e representam potencial risco à saúde (VIGLIO E CUNHA, 2016). Até a data do desastre, essa barragem tinha a CRI indicada como “baixa”, DPA alto, e classificação final “C” (SIGBM; SNIRH, 2020).

Posteriormente, no dia vinte e cinco de janeiro de 2019, a bacia do rio Paraopeba (RH São Francisco) foi palco do rompimento da barragem B1, no município de Brumadinho (MG). Esta foi a maior tragédia nacional em termos sociais relacionada a desastres ambientais, com mais de 270 óbitos (EL PAIS, 2020). Cerca de 10,6 Mm³ de rejeito foram deslocadas, atingindo edificações da mineradora, moradias e áreas rurais, e soterrando toda a planície do ribeirão Ferro-Carvão até sua confluência com o rio Paraopeba (CPRM, 2019). Estima-se que 7,8Mm³ se depositaram na planície do ribeirão Ferro-Carvão, e outros 2,8 Mm³ fluíram pelo rio Paraopeba, causando diversos impactos (CARVALHO *et al.*, 2021; CPRM, 2019). Até o momento do desastre a barragem era considerada de “baixo” risco (CRI) e “alto” dano potencial (DPA), com classificação B na matriz de integração de riscos e danos nacional (TREVIZAN, 2019; 2019; EL PAIS, 2020).

Os casos dos rompimentos das barragens de Herculano, Fundão e Brumadinho ilustram recentes desastres que suscitam o questionamento da eficácia do modelo oficial de classificação de riscos e danos potenciais. Afinal, se

as barragens que se romperam apresentavam condições de “baixo” risco, ainda que com potencial de danos variando entre “médio” e “alto”, e classificação final “D”, “C” e “B” respectivamente, a segurança de outras barragens no cenário nacional pode ser questionada.

Além disso, não se pode esquecer que a classificação dos riscos e danos potenciais se refere a uma classificação de ameaças pontuais causadas por cada barragem inserida na PNSB. Dessa forma, não há como negligenciar que os efeitos adversos são sistêmicos principalmente em bacias hidrográficas com que apresentam maiores quantidades de barragem de rejeito. Os exemplos das barragens de Fundão e B-I mostram que, apesar do fluxo de rejeito não ter causado o rompimento de barragens a jusante, os riscos foram aumentados com o afluxo de grande volume de rejeitos em alta velocidade, comprometendo as suas estruturas.

Apesar de instrumentos como o PAEBM e DCEs contribuírem para a gestão dos riscos de rompimento, os mesmos não têm sido suficientes para atestar a segurança das barragens de rejeito. Corroboram com tal afirmativa o relato de casos de negligências dos setores público e privado, como o abandono da barragem da Mundo Mineração (risco classe “A”), os recentes desastres de rompimento (das barragens do Fundão e B-I da Vale), e o registro de um elevado quantitativo de barragens em estado de alerta pela instabilidade de suas estruturas.

Em paralelo, a ausência de uma abordagem integrada do PNSB, sobre possíveis encadeamento dos riscos e danos potenciais nas regiões hidrográficas, em especial nas bacias onde se concentram grande quantidade de barragens de rejeito, também pode ser destacado. Por isso, propõem-se o aprofundamento de estudos que abordem o conceito bacias de risco, a fim de se compreender como a distribuição e posição das barragens em relação aos sistemas hídricos brasileiros podem configurar situações em que algumas unidades hidrográficas podem

apresentar maior probabilidade de desastres por rompimentos de barragens de rejeito do que outras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição espacial das barragens de rejeito no país mostra uma grande concentração em poucas unidades hidrográficas, configurando um quadro de riscos e de danos potenciais em certas áreas. Entretanto, as ameaças de rompimento de barragens podem se estender para outras unidades, dados os cenários de concentração de barragens a montante de certos sistemas hidrográficos que podem ser palcos do encadeamento de efeitos adversos à jusante, independente das barragens se enquadrarem no modelo de classificação oficial, caracterizando o que o trabalho classifica como bacias de risco. O uso do termo bacias de risco para o cenário nacional pode facilitar a ênfase nos possíveis efeitos sinérgicos e sistêmicos das barragens de rejeito nas unidades hidrográficas. Entretanto, é necessário aprofundamento e rigor no uso da terminologia, dado que a possibilidade de encadeamento dos impactos e danos deve considerar, além da área total do sistema, a localização das barragens na rede fluvial. Esta, porém, demanda estudos que objetivam análises pormenorizadas das unidades hidrográficas.

A pesquisa sinaliza para a necessidade de reavaliação, por parte dos órgãos fiscalizadores, do enquadramento das classes de riscos das barragens de rejeito de mineração. Junto ao PAEBM e DCEs é importante que a segurança das barragens seja atestada por outros estudos realizados por auditorias técnicas independentes contratadas pelo estado. Além disso é necessário que as características locais das estruturas (geotécnicas aplicadas no terreno, métodos construtivos, capacidade de carga, etc.) sejam avaliadas de forma integrada ao seu contexto geomorfológico e sua posição geográfica em relação à ocorrência (ou não) de outras barragens de rejeito na bacia em análise. Por fim, é necessário que a base informacional disponível para a gestão da segurança das barragens de rejeito de minério no país

seja alicerçada na análise sistêmica em termos territoriais, envolvendo a distribuição espacial das barragens e de seus riscos em relação às unidades hidrográficas do país.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de pesquisa e ao grupo RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos. Edital MCTIC/CNPq N° 28/2018, modalidade EXP - B, Processo 370398/2019-0.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras. Edição Especial. Brasília: ANA, 2015. 164p.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Manual de fiscalização para barragens de mineração ANM - versão 2018**. Brasília: ANM, outubro de 2018. 72p. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/manual-de-fiscalizacao-para-barragens-de-mineracao-anm-versao-2018/view>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resolução n. 85, de 2 de dezembro de 2021**. Dispõe sobre procedimentos para o aproveitamento de rejeitos e estéreis. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-85-de-2-de-dezembro-de-2021-365053336>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resolução n. 95, de 7 de fevereiro de 2022**. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-380760962>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Resumo campanha entrega DCE, setembro 2019**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/apoio>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

ALEPA - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PARÁ. **Comissão parlamentar de representação com finalidade de fiscalizar e vistoriar a situação das barragens e bacias de rejeitos da mineração existentes no estado do Pará, riscos e impactos ambientais**. Belém (PA): 2019. 90p. Disponível em <https://www.alepa.pa.gov.br/midias/midias/565_relatorio_barragens-2019.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2020.

BRASIL. Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n. 9.433, de 8

de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 de setembro de 2010.

CARVALHO, R. P. B.; MAGALHAES JUNIOR, A. P. ; BARROS, L. F. P. Implicações hidrogeomorfológicas do rompimento da barragem de rejeito da Mina do Córrego do Feijão, MG. **Revista Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, V. 31, p. 518-545, 2021.

CASTRO, F. V.; LOURENÇO, L. Resiliência, população e território: contributo conceptual para a terminologia dos riscos. **Territorium**, Coimbra, n.º 24, 2017. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_24_1. Disponível em <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/1647-7723_24_1>. Acesso em: 19 jan. 2020.

CASTRO, M. C. et al. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, Vol. 28, p. 11-30, 2005.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003**. Brasília, DF, 2003. Disponível em <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>. Acesso em 21 jul. 2022.

COTA, G. E. M. et al. Aspectos legais da segurança de barragens de rejeito de minério: implicações para a qualidade ambiental e usos múltiplos da água no Alto Rio das Velhas (MG). **GEOgraphia**, Niterói, v. 21, n. 45, p. 33-46, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2019.v21i45.a14478> Disponível em <<https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/14478>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

CNDH - CONSELHO NACIONAL DE DIREITOS HUMANOS. **Resolução n. 14, de 11 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre a caracterização de crimes ocorridos em Mariana/MG e na Bacia do Rio Doce, após o rompimento da barragem do Fundão, como violações a direitos humanos de excepcional gravidade, para fins de acompanhamento das providências necessárias à sua apuração, processo e julgamento. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-14-de-11-de-dezembro-de-2019-236401658>>. Acesso em: 19 jul. 2022.

CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução n. 143, de 10 de julho de 2012**. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei n. 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em: < <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/1922-resolucao-n-143-de-10-de-julho-de-2012/file>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

_____. **Resolução CNRH Nº 132 de 2016**. Estabelece critérios complementares de classificação de barragens reguladas pela Agência Nacional de Águas – ANA, quanto ao Dano Potencial Associado - DPA, com fundamento no art. 5, §3, da Resolução CNRH nº 143, de 2012, e art. 7 da Lei nº 12.334, de 2010. Disponível em <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2016/132-2016.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Monitoramento Especial Da Bacia do Rio Paraopeba Relatório IV: Monitoramento Hidrológico e Sedimentométrico**. Belo Horizonte,

Jul/2019 (2019), 97p. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21799> >. Acesso em: 21 jul. 2022.

DAGNINO, R. S.; CARPI JR., S. C. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 50-87, jul/dez. 2007.

EGLER, C. A. G. Risco Ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. **Território**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 31-41, 1996.

EL PAIS. **Brumadinho ainda tem sete barragens em alto risco por problemas na estrutura**. São Paulo, 25 de janeiro de 2020. Disponível em < <https://brasil.elpais.com/brasil/2020-01-25/brumadinho-ainda-tem-sete-barragens-em-alto-risco-por-problemas-na-estrutura.html>>. Acesso em: 09 mai. 2021.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. **Engineering Geology**, v. 102, p. 83-84, 2008.

G1 MG. Samarco admite risco de rompimento nas barragens Santarém e Germano. **G1**, 17 de novembro de 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/samarco-admite-risco-de-rompimento-nas-barragens-santarem-e-germano.html>. Acesso em: 15 jan. 2020.

GIRÃO, I. R. F.; RABELO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: riscos socioambientais, vulnerabilidade e suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-83, 23 maio 2018. Disponível em: < <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/13273>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

KIERNAN, P. **Barragens de rejeitos colossais elevam risco de acidentes como o de Mariana**. 2016. The Wall Street Journal. Disponível em: <<https://www.wsj.com/articles/barragens-de-rejeitos-colossais-elevam-risco-de-acidentes-como-o-de-mariana-1459802807> >. Acesso em: 15 jan. 2019.

LOURENÇO, L. Riscos naturais, antrópicos e mistos. **Territorium, Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança**, Lousã, nº 14, 2007, p. 107-111. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T14_artg/T14NNR01.pdf. Acesso em: 21 abr. 2020.

MARCUZZO, F. F. N. Bacias hidrográficas e regiões hidrográficas do Brasil: cálculo de áreas, diferenças e considerações. 2017. **XXVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis (SC), 2017, 8 p. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18492> >. Acesso em: 21 jul. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Recursos Hídricos**: Cadernos das Regiões hidrográficas. Disponível em < <https://antigo.mma.gov.br/publicacoes/agua/category/42-recursos-hidricos.html?start=20>>. Acesso em: 09 mai. 2020.

REBELO, F. Riscos naturais e acção antrópica: estudos e reflexões. **Coimbra**: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2001. 274p.

ROSMAN, P. C. C. **Aspectos de Hidrodinâmica Ambiental e Transporte de Sedimentos na Bacia do Rio Doce e Zona Costeira após Acidente da Samarco**. Rio de Janeiro: Depart. Recursos Hídricos e Meio Ambiente, COPPE/ UFRJ, 2016, 20 p. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17870/1/visao_hidrodinamica_ambiental_lama.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SILVA, E. L. e.; GURGEL, H; FREITAS, C. M. de. Saúde e desastres no Brasil: uma reflexão sobre os aspectos envolvidos em eventos hidrológicos e rompimento de barragens. **Confinos (Paris)**, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.4000/confinos.23114>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO (SIGBM). **Cadastro Nacional de Barragens de Mineração**. Agência Nacional De Mineração- ABM. Database: fevereiro de 2020. Disponível em <<https://app.anm.gov.br/sigbm/publico>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS (SNIRH). **Portal de Geoserviços da ANA**. Agência Nacional de Águas – ANA. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 20 fev. 2020.

SOUZA, K. R. G; LOURENÇO, L. A evolução do conceito de risco à luz das ciências naturais e sociais. **Territorium**. v. 22, p. 31, 2015. Disponível em: < <https://digitalisdsp.uc.pt/bitstream/10316.2/38051/3/A%20evolucao%20do%20conceito%20de%20risco.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2020.

TREVIZAN, K. País tem quase 200 barragens de mineração com alto potencial de dano. **G1**, 30 de janeiro de 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/30/pais-tem-quase-200-barragens-de-mineracao-com-alto-potencial-de-dano.ghtml>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

VERVLOET, R. J. H. M. A geomorfologia da região de rompimento da barragem da Samarco: a originalidade da paisagem à paisagem da mineração. In: MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. (org.). **Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição**. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016. p. 91-121.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. 320 p.

VIGLIO, E. P.; CUNHA, F. G. da. **Atlas geoquímico da bacia do rio Doce: Minas Gerais e Espírito Santo**. Rio de Janeiro: CPRM, 2016. 245 p. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17870/1/visao_hidrodinamica_ambiental_lama.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

VINAUD, L. U. P. **Barragens de rejeito de mineração em Minas Gerais: listas de verificação de aspectos técnicos, legais e ambientais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 2019.

Contribuições de autoria

1 – Regina Paula Benedetto de Carvalho (Autor Correspondente)

UFMG, Graduação em Geografia pela PUC – MG (2006). Especialização em Avaliação de Impacto Ambiental pelo IEC/PUC – MG (2009) e mestrado em Geografia pela UERJ (2013). Doutorado em Geografia pela UERJ (2017).

<https://orcid.org/0000-0002-8783-8548> e reginapaulabenedettodec@gmail.com

Contribuição: Escrito do artigo

2 – Matheus de Oliveira Reis

UFMG, Bacharel e licenciado em Geografia pela UFMG.

<https://orcid.org/0000-0002-1327-5869> e matheusor29@gmail.com

Contribuição: Escrita do artigo

3 – Antônio Pereira Magalhães Júnior

UFMG, Graduação em Geografia pela UFMG e mestrado em Geografia e Análise Ambiental pela UFMG. Doutorado em Desenvolvimento Sustentável pela UNB, com estágio na Ecole Nationale des Ponts et Chaussées em Paris. Pós-doutorado no Departamento de Geografia da Universitat Autònoma de Barcelona.

<https://orcid.org/0000-0002-5327-3729> e antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com

Contribuição: Escrita do artigo

4 – Paulo Henrique Batista

UFMG, Bacharel em Geografia pela UFMG.

<https://orcid.org/0000-0001-7875-4513> e paulo.henrique.batista.96@gmail.com

Contribuição: Escrita do artigo

Como citar este artigo

CARVALHO, R. P. B. DE; REIS, M. DE O.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BATISTA, P. H. Distribuição espacial de barragens de rejeito de mineração e configuração de bacias de risco nas regiões hidrográficas brasileiras. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 26, e28, 2022. Disponível em: 10.5902/2236499465978. Acesso em: dia mês abreviado. ano.