

## Caracterização do entorno de barragens de rejeito em Minas Gerais usando dados geográficos

Luci A. Nicolau, Clodoveu A. Davis Jr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dep. de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

{luci.nicolau, clodoveu}@dcc.ufmg.br

**Resumo.** Este artigo tem como objetivo caracterizar os ambientes de instalação das barragens de rejeito em Minas Gerais utilizando informação geográfica sobre seu entorno. A organização das informações teve como base a delimitação dos setores censitários por município do estado e a geolocalização das barragens de rejeito, rios, unidades de conservação, unidades de abastecimento hídrico e bacias hidrográficas em Minas Gerais. A espacialização e concatenação dos dados evidencia uma significativa presença das barragens de rejeito em ambientes que reúnem, simultaneamente, grande concentração populacional, unidades de conservação ambiental, unidades de abastecimento hídrico e bacias hidrográficas em Minas Gerais. Este é um trabalho em andamento, que está sendo construído com a perspectiva de que informação geográfica detalhada é de importância fundamental para prevenção e mitigação de desastres, e que, portanto, para cada empreendimento é necessário organizar, integrar e tornar públicas as informações relevantes para os cidadãos em situação de risco e para os entes públicos envolvidos.

**Abstract.** This article aims to characterize the installation environments of tailings dams in Minas Gerais using geographic information about its surroundings. The organization of the information was based on the delimitation of census tracts by municipality of the state and the geolocation of tailings dams, rivers, conservation units, water supply units and watersheds in Minas Gerais. The spatialization and concatenation of the data shows a significant presence of tailings dams in environments that simultaneously congregate high population concentration, environmental conservation units, water supply units and watersheds in Minas Gerais. This is a work in progress, being built with the perspective that detailed geographic information is of critical importance for disaster prevention and mitigation, and therefore, for each venture it is necessary to organize, integrate and make public the relevant information for at-risk citizens and the public entities involved.

### 1. Introdução

A sociedade moderna está constantemente gerando e sendo exposta a riscos, que podem se transformar em desastres, com consequências graves do ponto de vista econômico, social e ambiental. O impacto de desastres é potencializado pela vulnerabilidade inerente às atividades humanas, que expõem pessoas e instalações a ameaças, tanto de origem natural, quando produzidas pela própria sociedade. Considere-se, por exemplo, os desastres recentes decorrentes do rompimento de barragens de contenção de rejeitos de minério de ferro, o primeiro ocorrido na instalação da mineradora Samarco, em Mariana (MG), em 2015; e o segundo, nas dependências da Vale em Brumadinho (MG). A barragem é uma solução de engenharia criada para reduzir o espalhamento de rejeitos da atividade minerária pelo ambiente local. Por outro lado, sua construção gera simultaneamente uma ameaça, pois o eventual rompimento anula o propósito de sua construção, e ainda pode causar consequências humanas e ambientais mais graves. Com a construção de barragens, pessoas e bens materiais são colocados em situação de vulnerabilidade apenas por se situarem a jusante, caracterizando assim o cenário de risco.

Diversas medidas poderiam ser propostas para *prevenção* de desastres, envolvendo a identificação de riscos e a execução de ações no sentido de reduzir a probabilidade de sua ocorrência. As ações de prevenção também podem buscar identificar as possíveis consequências do desastre, de modo a minimizar o impacto de um eventual rompimento. Ocorrido o desastre, outro conjunto de ações, agora de *mitigação*, teria que ser iniciado para que seja possível lidar com suas consequências, e remediar o impacto sobre as pessoas, as propriedades e o meio ambiente. Em todas essas situações, é fundamental o papel da informação correta, atualizada e disponível com agilidade. No caso específico de Mariana e Brumadinho, ficou publicamente evidente o despreparo tanto das empresas quanto dos órgãos públicos

para lidar com o problema. A ausência de planos de contingência, de mecanismos de alerta antecipado, de comunicação com a população afetada e de recursos de socorro às vítimas foram imediatamente evidenciados, e a mitigação do impacto do desastre ainda não foi alcançada, mais de quatro anos depois de sua ocorrência em Mariana, e no que se refere à Brumadinho, mesmo havendo transcorrido oito meses do desastre, vinte e oito pessoas continuam desaparecidas. Além disso, parece não haver evidências, e a ocorrência do desastre de Brumadinho reforça essa suspeita, quanto a iniciativas para evolução no que diz respeito a riscos, ameaças e vulnerabilidades semelhantes, abundantes no estado de Minas Gerais e em todo o Brasil, e não apenas ligadas à atividade minerária.

Este é um trabalho em andamento, que está sendo construído com a premissa de que informação geográfica detalhada é de importância fundamental para prevenção e mitigação de desastres, e que, portanto, para cada empreendimento é necessário organizar, integrar e tornar públicas as informações relevantes para os cidadãos em situação de risco e para os entes públicos envolvidos. O eixo dessa pesquisa passa pela identificação das classes de informação necessárias para a constituição de planos de emergência e para o envolvimento da sociedade na análise dos riscos proporcionados por empreendimentos dessa natureza. Assim, este trabalho tem como objetivo caracterizar os ambientes nos quais as barragens de rejeitos estão instaladas em Minas Gerais, considerando a população residente por setor censitário em cada (e por) município, rios de preservação permanente, unidades de conservação, unidades de abastecimento hídrico e bacias hidrográficas, buscando evidenciar, espacialmente, o alcance das operações dessas unidades de contenção, em uma etapa preliminar para a busca dos objetivos citados de mais longo prazo da pesquisa.

## **2. Obtenção de dados para suporte a desastres tecnológicos**

Eventos classificados como desastres têm, desde o início do século XX, se tornado cada vez mais frequentes. Diversos pesquisadores [1], [2], [3] creditam o aumento desses eventos à alta densidade populacional, espaços urbanos mal planejados, órgãos gestores despreparados e principalmente à precariedade dos dados e das informações disponíveis sobre os locais de ocorrência desses eventos e seus entornos.

Esses eventos, na visão de [1] e [4], podem ser classificados a partir de seu fator desencadeador em desastres naturais e tecnológicos. Os desastres naturais são causados por forças da natureza, tais como terremotos, erupções vulcânicas, tsunamis, furacões, etc.. Já os desastres tecnológicos são desencadeados por ações humanas. De acordo com [1], [4] e [5] um desastre tecnológico (ou desastre humano, ou ainda desastre antropogênico) pode ser definido como um evento atribuído em parte ou no todo a uma intenção humana, erro, negligência, ou envolvendo uma falha de um sistema ou processo humano, resultando em perdas de vidas humanas (ou ferimentos), materiais, econômicas e ambientais significativas; bem como uma reflexão do grau de coordenação da estrutura social frente ao evento e sua capacidade de gerenciá-lo. A exemplo desses, destacam-se: acidente químico em Seveso (Itália, 1976), onde 10 mil animais foram mortos e 193 pessoas ficaram doentes; acidente nuclear em Three Mile Island (EUA, 1979), 140 mil pessoas tiveram de ser evacuadas; vazamento de gases tóxicos em Bhopal (Índia, 1984), 500 mil pessoas contaminadas e 3878 mortos; acidente nuclear em Chernobyl (Ucrânia, 1986), 5 milhões de pessoas atingidas pela radiação; derramamento de petróleo pelo navio ExxonValdez no Alasca (EUA, 1989), 250 mil aves mortas; acidente nuclear de Fukushima (Japão, 2014), 171 mil pessoas evacuadas; e os ocorridos no Brasil: incêndio em Vila Socó em Cubatão (São Paulo, 1984), 500 mortos; acidente nuclear com Césio-137 em Goiânia (Goiás, 1987), 104 mortos e os rompimentos da barragens de rejeitos de mineração em Mariana (Minas Gerais, 2015), 18 mortos; e, Brumadinho (Minas Gerais, 2019), 248 mortos e 28 desaparecidos.

Qualquer que seja o fator originário, uma vez identificada a situação de desastre, faz-se necessária a imediata obtenção de dados tanto a respeito do desastre quanto do local de sua ocorrência, tais como: população residente e/ou presente, rotas e condições para evacuação, locais e condições para abrigo, tipo de relevo e hidrografia e as probabilidades de contenção [6], [7], [8], [9],[10] e [15]. No entanto, reunir e trabalhar todos esses dados em situação de emergência, utilizando apenas os recursos tradicionais (pessoas, telefone, papel e computadores) dificilmente produzirá informações úteis em tempo hábil. Um suporte eficiente e eficaz à tomada de decisão nesses contextos requer a utilização de processos e tecnologias assistidos por computador capazes de lidar com esses diversos cenários [2], [6], [11], [12], [13].

Os problemas centrais desse processo estão alicerçados na busca, tratamento, concatenação e disponibilização, em tempo hábil, desses dados. Em particular, as ferramentas para recuperação de dados, tratamento da informação e suporte à decisão, amparadas em recursos computacionais, são cada vez mais demandadas nessas situações de emergência, uma vez que a reunião, integridade/disponibilidade dos dados e o tempo de resposta são variáveis sensíveis para o sucesso das ações [11] e [14].

Assim sendo, bases de dados individuais apresentam pouca eficácia, uma vez que para agir sobre esses eventos é necessária a utilização de recursos que estão sob a responsabilidade de diversas instituições. Consequentemente, nenhum dos envolvidos possui uma visão completa da situação, todos são limitados pelas informações pelas quais são responsáveis e por sua capacidade de obter informações adicionais compartilhadas pelos demais. Portanto, embora, múltiplas bases de dados, operadas de modo dinâmico, mantenham sua individualidade e independência no que se refere à produção e manutenção, é necessário, em situações de emergência, que sejam coordenadas para que trabalhem de modo colaborativo, compartilhando e distribuindo informações que possam estar relacionadas a um evento comum.

### 3. Caracterização dos ambientes de instalação das barragens de rejeito em Minas Gerais

Considerando a abrangência que um eventual colapso de uma barragem de rejeito poderia ter em um ambiente, é necessário conhecer, de forma espacializada, os dados da população que seria afetada, unidades de conservação, cursos d'água, unidades de abastecimento e bacias hidrográficas que poderiam ser atingidas no evento, considerando suas distribuições por setor censitário em cada município de Minas Gerais.

Atentando para a concentração da população residente (Figura 1), percebe-se que as barragens de rejeito se concentram justamente nos municípios de maior aglomeração populacional. Fator complicador preocupante, considerando a necessidade de uma evacuação.

No que se refere à presença das unidades de abastecimento hídrico (Figura 2), identifica-se que sua concentração majorada é divergente das barragens de rejeito. Entretanto, no entorno dessas barragens pode-se identificar unidades de abastecimento que, se contaminadas por rejeitos, causariam desabastecimento que afetaria milhões de habitantes.

Não foram encontradas evidências visuais de que os rios de preservação permanente, apresentados na Figura 3, estejam diretamente no entorno de abrangência das barragens de rejeito localizadas em Minas Gerais. Não se descarta, por outro lado, o fato de que possam ser contaminados de modo indireto, por quaisquer rios com os quais tenham ligação e que porventura sejam afetados.

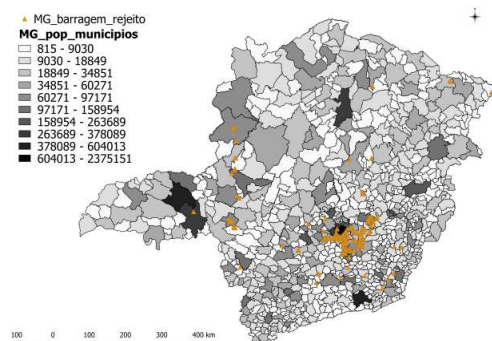


Figura 1: Distribuição da população

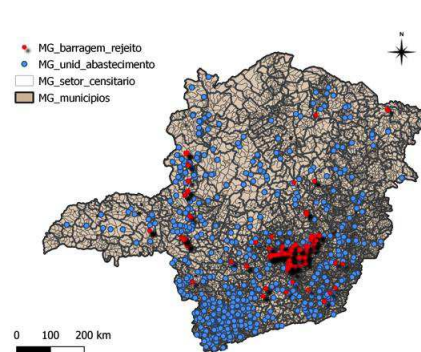


Figura 2: Distribuição das unidades de abastecimento hídrico

A Figura 4 permite observar que unidades de conservação, como o Parque Estadual de Paracatu e dezenas de áreas de proteção ambiental e reservas de proteção natural no centro-sul do estado se avizinham às barragens de rejeito ou contém essas em suas dependências como, por exemplo, a área de proteção ambiental sul da região metropolitana de Belo Horizonte e a área de proteção estadual Ouro



risco de rompimento média uma está localizada no município de Ouro Preto, duas em Brumadinho, duas em Itabirito, uma em Nova Era, uma em Itatiaia e três em Itaúna. Ambas as barragens de alto risco estão no município de Rio Acima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, a 34 km da capital. Salienta-se que uma parcela expressiva das 132 barragens de rejeitos, não classificadas quanto ao risco de rompimento, se encontra no centro-sul do Estado.

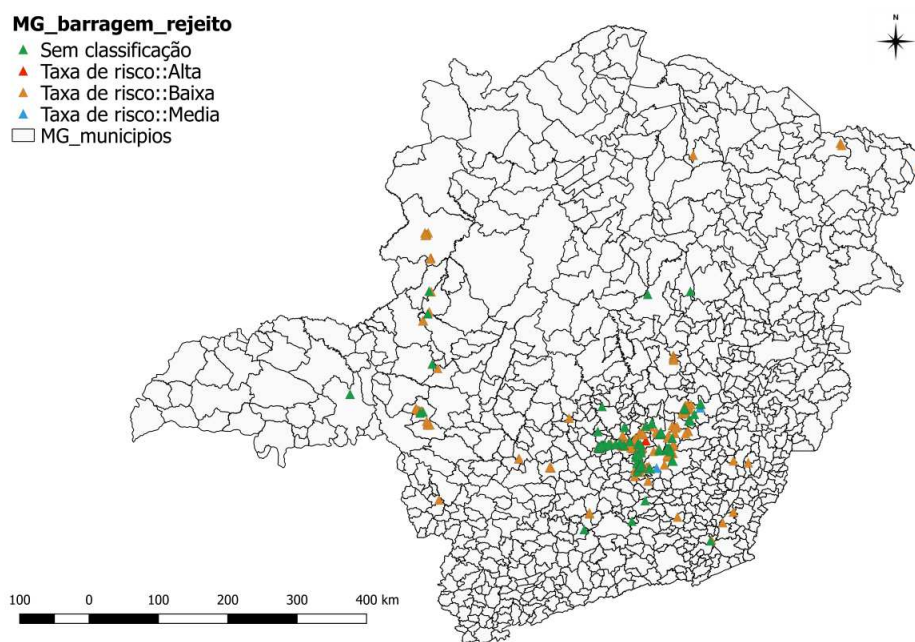


Figura 7: Classificação das barragens de rejeito a partir da taxa de risco de rompimento

#### 4. Conclusão

O conhecimento sobre as características dos espaços onde barragens de rejeitos estão localizadas pode ser o diferencial entre o sucesso e o fracasso de um plano de atuação em caso de um rompimento. Ignorar as características desses locais constitui negligência, e por conseguinte, pode agravar as consequências um desastre tecnológico.

Buscando prover aos entes federados informações que auxiliem na elaboração de planos de segurança para os locais onde essas unidades de contenção estão contidas, esse trabalho aponta a localização das barragens de rejeito, bem como os setores censitários por município, unidades de conservação, rios de proteção permanente, unidades de abastecimento hídrico e as bacias hidrográficas em Minas Gerais. Uma análise visual dos dados encontrados sugere que a região centro-sul do estado, que concentra, majoritariamente, essas entidades estaria sujeito a uma maior ocorrência de eventos como os registrados em Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Das 351 barragens de rejeitos oficialmente registradas em MG, as doze que são classificadas como possuindo uma alta ou média taxa de risco de rompimento estão nessa região, bem como uma expressiva parcela das 132 sem classificação.

Como trabalhos futuros, pretende-se agregar e correlacionar dados substanciais aos utilizados nesse estudo que permitam a construção de indicadores de vulnerabilidade e de resiliência para os locais onde essas barragens estão localizadas. Parece clara a necessidade de maior aprofundamento das análises aqui apresentadas, buscando definir a abrangência e detalhamento dos dados necessários para que se chegue à construção de indicadores de vulnerabilidade e resiliência para os locais potencialmente afetados por esses empreendimentos. Ao mesmo tempo em que essa informação seria necessária para que o empreendedor possa, de forma honesta e transparente, avaliar os riscos que sua atividade proporciona, a mesma é de fundamental importância para o poder público, que tem a responsabilidade de proteger os cidadãos afetados em caso de desastre. Consideramos que a estrutura e lógica de funcionamento de

infraestruturas de dados espaciais (IDE) é uma possível alternativa tecnológica para suportar a publicação dos dados de interesse.

## Referências

- [1] L. K. Tominaga *et al.* (2009) “Desastres naturais: conhecer para prevenir”. *Instituto geológico*.
- [2] E. das N. U. para R. de R. de D. NAÇÕES UNIDAS. (2012) “Como Construir Cidades Mais Resilientes,” p. 102.
- [3] P. Bertone and C. Marinho. (2013) “Plano de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais - Visão do Planejamento,” *VI Congr. CONSAD Gestão Pública*, no. 21, pp. 1–24.
- [4] R. R. Lieber. (2005) “Risk and precaution in technological disaster,” *Cadernos Saúde Coletiva*, 13(1):67-84.
- [5] UNISDR. (2009) “2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction,” *Int. Strat. Disaster Reduct.*, pp. 1–30.
- [6] C. Benson and J. Twigg. (2007) “Tools for Mainstreaming Disaster Risk Reduction: Organisations Tools for Mainstreaming Disaster Risk : Disaster Risk :,” *Int. Fed. Red Cross Red Crescent Soc. / ProVention Consort.*, pp. 1–184.
- [7] B. Walker, J. Sayer, N. L. Andrew, and B. Campbell (2010) “Should enhanced resilience be an objective of natural resource management research for developing countries?,” *Crop Sci.*, vol. 50, no. April, p. S-10-S-19.
- [8] S. E. Chang and A. Z. Rose. (2012) “Towards a theory of economic recovery from disasters”, *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, vol. 32, no. 2, pp. 171–181.
- [9] C. Miguel da Silva Alves. (2015) “Urbanismo Participativo e resiliência das comunidades: Especificação de uma aplicação”, *Tese Doutorado*.
- [10] K. Ahmad, M. Riegler, K. Pogorelov, N. Conci, P. Halvorsen, and F. De Natale. ( 2017) “Jord: A System for Collecting Information and Monitoring Natural Disasters by Linking Social Media with Satellite Imagery.” *Proc. 15th Int. Work. Content-Based Multimed. Index. - CBMI '17*, pp. 1–6.
- [11] A. Aitsi-Selmi, S. Egawa, H. Sasaki, C. Wannous, and V. Murray. (2015) “The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction: Renewing the Global Commitment to People’s Resilience, Health, and Well-being,” *Int. J. Disaster Risk Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 164–176.
- [12] E. S. Martins, M. Ribeiro, J. Lisboa-Filho, F. Reinaldo, A. Freddo, and L. P. Reis. ( 2016) “Clustering of spatial data for knowledge extraction,” *2016 11th Iber. Conf. Inf. Syst. Technol.*, vol. d, pp. 1–6.
- [13] P. Fernandez *et al.*. (2017) “IDE - - OTALEX C: A Primeira Infraestrutura de Dados Espaciais transfronteiriça entre Portugal e Espanha,” vol. 40, pp. 32–40.
- [14] P. Haddawy *et al.* (2015) “Situation awareness in crowdsensing for disease surveillance in crisis situations,” *Proc. Seventh Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Dev. - ICTD '15*, pp. 1–5.
- [15] Cabette, R. R., Pereira, M. A., Moreira, T., & Oliveira, H. N. P. (2017) “Computational System for Monitoring and Risk Analysis Based on TerraMA2”. XVIII Geoinfo. Salvador. 169-180p.