

# Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC

76350EA Semana Official da Engenharia e da Agronomia

Palmas/TO 17 a 19 de setembro de 2019

## SIG PARA ANÁLISE DE ÁREAS AFETADAS POR ROMPIMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO: CASO BRUMADINHO – MG

LÍDIA CAROLINA RODRIGUES RESENDE , RENATO RODRIGUES DA SILVA JÚNIOR $^2$ e GIOVANA MIRA DE ESPÍNDOLA $^3$ 

Aluna do curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, UFPI, Teresina-PI, lidiacarolina\_18@hotmail.com;

<sup>2</sup> Aluno do curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, UFPI, Teresina-PI, hto\_junior123@hotmail.com;

<sup>3</sup> Professora Dra. em Sensoriamento Remoto, UFPI, Teresina-PI, giovanamira@ufpi.edu.br;

RESUMO: Os sistemas de informação geográfica (SIG) ganharam destaque ao passo em que tornaram possível, através de diferentes técnicas, a visualização de um panorama geral de grandes áreas como, por exemplo, áreas que sofreram impacto ambiental causado por rompimento de barragens. Nesse contexto, o uso dos SIG's serve como uma forma de prevenir ou mitigar eventos desse tipo por meio da análise de alguns indicativos, como o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e o MDE (Modelo Digital de Elevação). Através dessas técnicas, o presente trabalho se propôs a analisar o rompimento de uma das barragens de rejeitos da mineradora Vale, localizada no município de Brumadinho, mais especificamente no povoado de Córrego do Feijão. Através de imagens obtidas pelo satélite Landsat 8, datadas 24/09/2018 e 20/04/2019 (antes e depois do rompimento da barragem) foi possível realizar o cálculo do NDVI para a análise temporal da vegetação da região. Utilizando o MDE do SRTM do mesmo local, obtido por meio do site da Embrapa, foi possível analisar o relevo da região e determinar se este teve influência ou não na proporção da tragédia e no número de óbitos provocados por esta. A metodologia aplicada neste trabalho é bastante viável e exequível para análises desse tipo e, quando associada com fontes de dados confiáveis, permite resultados satisfatórios. Além disso, os mapas confeccionados se mostram de fácil entendimento.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI, MDE, Altimetria, Barragem de Rejeitos.

## GIS FOR ANALYSIS OF AREAS AFFECTED BY REJECTING DAMAGE BREAKING: CASE BRUMADINHO - MG

**ABSTRACT:** Geographic information systems (GIS) gained prominence at the step where they made it possible, through different techniques, to visualize a general panorama of large areas, such as areas that had an environmental impact caused by dam ruptures. In this context, the use of GIS serves as a way to prevent or mitigate events of this type by analyzing some indicatives, such as the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and the DEM (Digital Elevation Model). By means of these techniques, the present work has proposed to analyze the rupture of one of the tailings dams of the mining company Vale, located in the municipality of Brumadinho, more specifically in the village of Córrego do Feijão. Through the images obtained by the Landsat 8 satellite, dated 09/24/2018 and 04/20/2019 (before and after the dam rupture), it was possible to calculate the NDVI for the temporal analysis of the vegetation of the region. Using the SRTM DEM from the same site, obtained through the Embrapa website, it was possible to analyze the relief of the region and determine whether it had influence or not in the proportion of the tragedy and in the number of deaths caused by it. The methodology applied in this work is quite feasible and feasible for analyzes of this type and, when associated with reliable data sources, allows satisfactory results. In addition, the maps made are easy to understand.

**KEYWORDS**: NDVI, DEM, Altimetry, Tailings Dam.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de informação geográfica, bem como o sensoriamento remoto, vêm ganhando força ao passo em que tornam possível, através de diferentes técnicas, a visualização de um panorama geral de grandes áreas. Esse tipo de monitoramento se torna essencial em vista da crescente preocupação com as áreas urbanas e as de grande importância biológica, que estão sujeitas a sofrerem com catástrofes ambientais de grandes proporções, como o rompimento de barragens, por exemplo. Nesse contexto, o uso dos SIG's serve como uma forma de prevenir ou mitigar eventos do tipo, por meio da análise de alguns indicativos, como o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), ou o MDE (Modelo Digital de Elevação). O primeiro diz respeito à análise do comportamento da vegetação, por meio do seu nível de reflectância, que pode ser observado nas bandas do vermelho e infravermelho próximo. Já o segundo trata da visualização do perfil topográfico da região, tornando possível o traçado do sentido de escoamento superficial, tendo como principal objetivo a realização de um mapeamento prévio dos possíveis danos.

No dia 25 de janeiro de 2019 ocorreu um dos maiores desastres do estado de Minas Gerais, o rompimento de uma das barragens de rejeitos da mineradora Vale, localizada no município de Brumadinho, mais especificamente no povoado de Córrego do Feijão. Esse acontecimento gerou grande visibilidade no país e no mundo, sendo noticiado também em jornais internacionais devido ao grande impacto tanto às pessoas que moravam e trabalhavam no local quanto ao meio ambiente da região, ao passo em que atingiu não só áreas com vegetação densa como também o principal rio do município, o rio Paraopebas. De acordo com a Defesa Civil Estadual de Minas Gerais (2019), até o dia 6 de junho de 2019, foi contabilizado um total de 246 óbitos, com 24 pessoas ainda desaparecidas.

Dito isto, o presente trabalho se propõe a analisar a espacialidade da área atingida pela enxurrada de rejeitos, bem como a altimetria da região, definindo se esta teve influência ou não na proporção do acidente. Para isto, serão utilizadas as técnicas acima citadas por meio de ambiente SIG.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com IBGE (2019), o município de Brumadinho possui população estimada de 39.520 pessoas. Está localizado a sul da capital do estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, chegando a ter aproximadamente 2,2 km de limite confrontante. Na região rural do município se encontra o povoado chamado de Córrego do Feijão, onde se localiza uma das minas pertencentes ao Complexo de Paraopeba, a mina Córrego do Feijão, administrada pela mineradora Vale. Parte da mina Córrego do Feijão está localizada também nos municípios de Sarzedo e Mário Campos. De acordo com G1 (2019), neste local ocorre a extração de minério de ferro, e o mesmo conta com 7 estruturas destinadas à disposição dos rejeitos de mineração. Através da figura 2, pode-se visualizar a localização das barragens de rejeitos da área de estudo.

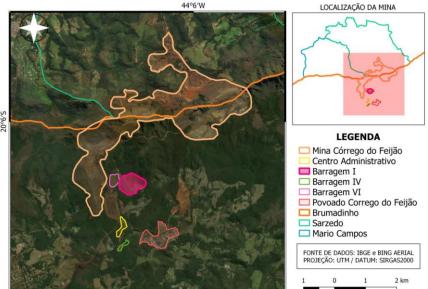


Figura 2 – Mapa de localização das barragens de rejeito da Mina Córrego do Feijão

Em 25 de janeiro de 2019, Brumadinho foi cenário de um dos maiores desastres ambientais de Minas Gerais, o rompimento da Barragem I, pertencente à mina Córrego do Feijão, provocando uma onda de rejeitos de mineração que destruiu grande parte da estrutura da mina e atingiu o povoado de Córrego do Feijão, até chegar a um dos principais rios da região, o Rio Paraopeba. A barragem I foi construída em 1976 através do método de alteamento à montante, tendo 86 metros de altura e capacidade de armazenamento de 11,7 milhões de m³ de rejeitos (VALE, 2019).

Através de imagens de satélite do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90m, fornecidas pela Embrapa gratuitamente, foi possível analisar a distribuição altimétrica da região, utilizando o *software* Qgis 3.4.7. Para isso, foi utilizada a Carta SF-23-X-A, do estado de Minas Gerais. Para uma melhor visualização da altimetria da região, foi aplicada uma falsacor no MDE, onde foi atribuído um gradiente de cores que melhor representassem as diferentes altitudes, variando do azul (para altitudes menores) ao vermelho escuro (para as maiores elevações).

Já em relação à análise temporal do verdor vegetativo, foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou, em inglês, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), que se caracteriza por ser uma aplicação de realce através de operações matemáticas realizadas nas imagens satelitárias. A partir da aplicação desse índice, é possível realizar a análise da densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa (Melo et al., 2011). Essa aplicação será utilizada para a determinação da espacialidade das áreas afetadas pelo rompimento da barragem.

Segundo Araújo et al. (2010), o NDVI é definido pela diferença entre a banda do infravermelho próximo subtraído pela banda do vermelho dividido pela soma dessas mesmas bandas. Esse cálculo corresponde à seguinte formula:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V}$$

Onde:

IVP = Banda do infravermelho próximo

V = Banda do vermelho

Essa operação matemática tem como resultado valores que variam entre -1 e 1, sendo que quanto mais próximo o valor estiver de -1, maior a presença de vegetação e, quanto mais próximo de 1, maior a presença de solo exposto.

O cálculo do NDVI no presente trabalho foi realizado através da ferramenta "calculadora raster", utilizando imagens em formato *TIFF* obtidas pelos sensores a bordo do satélite Landsat 8, mais especificamente as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo). Esse processamento foi realizado com imagens de duas datas diferentes, sendo uma do dia 24 de setembro de 2018 (antes do desastre) e 20 de abril de 2019 (depois do desastre).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise do mapa de distribuição altimétrica (figura 3), é possível observar que o relevo foi um dos principais fatores relacionados à proporção da tragédia. O mapa mostra a diferença de altitude entre a área administrativa da Mina de Córrego do Feijão e a Barragem I, que sofreu o rompimento. A primeira, localizada em uma área com altitude de aproximadamente 828m, contava com grande movimentação de pessoas, principalmente devido ao fato de que o refeitório da empresa se encontrava nessa região. Além da área administrativa, o relevo da região propiciou que a onda de lama (fluxo representado pelas setas pretas) atingisse também parte do povoado Córrego do Feijão, bem como outras barragens localizadas nas áreas mais baixas, como no caso da Barragem IV, por fim, chegando ao rio Paraopeba.

Figura 3 – Distribuição altimétrica da área de estudo

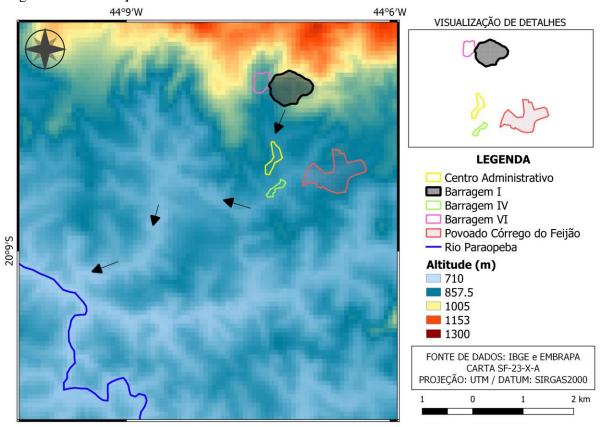
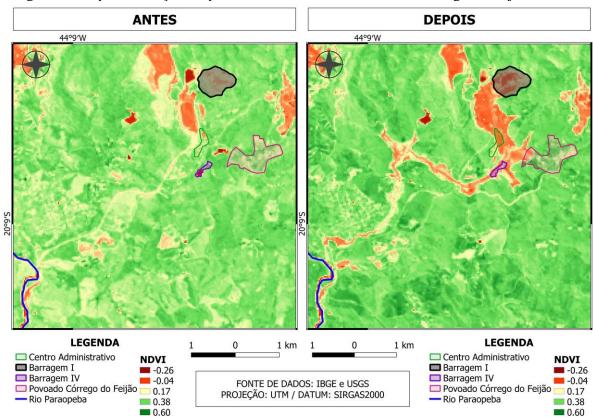


Figura 4 – Mapa de variação temporal do NDVI do entorno da Mina Córrego do Feijão



O mapa de NDVI (figura 4) utilizando as duas imagens com datas diferentes torna possível realizar a análise temporal, considerando os dois períodos (antes e depois do rompimento). Este mapa elucida claramente a espacialidade das áreas atingidas pela lama, as quais possuem NDVI = -0,04 e são representadas por um vermelho aberto. Esse valor de NDVI mostra que essas áreas possuem ausência de vegetação.

Além disso, ao comparar as duas imagens, é possível perceber, também, a densificação da vegetação da região. No mapa datado como antes do desastre, há uma grande área com NDVI = 0,38, representando pouca vegetação, e algumas poucas áreas com vegetação densa, com NDVI = 0,60. Já no mapa posterior ao acidente, há uma inversão dessa situação, onde a área verde intensa se destaca ocupando a maioria da região, e as áreas com o verde mais claro ocupam apenas pequenas partes do mapa.

### **CONCLUSÃO**

Através da análise do mapa da distribuição altimétrica da área de estudo foi possível observar que a altimetria da região foi fator decisivo para o elevado número de óbitos causados pela tragédia, ao passo em que as áreas com grande circulação de pessoas, como o centro administrativo da empresa e o povoado de Córrego do Feijão, se localizavam em regiões com altitudes mais baixas, no percurso da lama. Já os mapas de NDVI da região, antes e depois do rompimento da barragem, auxiliaram na análise do impacto causado por esse evento, tendo em vista que, através deles, foi possível observar e definir as áreas tomadas pela lama, que ficaram com espacialidade bem definida por conta da coloração aplicada. Não obstante, ainda foi possível observar que, de maneira geral, a vegetação da área de estudo sofreu uma densificação, de acordo com os valores de NDVI obtidos.

Os mapas obtidos nesse trabalho mostraram que o ambiente SIG se caracteriza por ser uma importante ferramenta para o auxílio na análise da situação ambiental de uma determinada região. A metodologia aplicada neste trabalho é bastante viável e exequível para análises desse tipo e, quando associada com fontes de dados confiáveis, permite resultados satisfatórios. Além disso, os mapas confeccionados se mostram de fácil entendimento não somente para pessoas especializadas no assunto, como também para leigos. Apesar de o mapeamento realizado auxiliar no conhecimento da situação ambiental da área analisada, este não exclui a necessidade de se realizarem visitas de campo, onde deverão ser realizados estudos mais aprofundados

#### REFERÊNCIAS

- Araujo, I. R de.; Silva, H. P. da.; Lopes, A. da S.; Alencar, B. P. B. de.; Silva, H. D. B. da.; Cálculo de NDVI no suporte ao estudo de desertificação no município de Orocó PE. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife. p. 1-6. 2010.
- Defesa Civil Estadual de Minas Gerais. Informações: desastre barragem de rejeitos de Brumadinho. Disponível em: http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php/component/gmg/page/678-Inf\_Brumadinho\_0506. Acesso em: 14 de junho de 2019.
- G1. Mina que abriga barragem em Brumadinho responde por 2% da produção da Vale; veja raio-X. Disponível em: https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/01/28/mina-que-abriga-barragem-embrumadinho-responde-por-2-da-producao-da-vale-veja-raio-x.ghtml. Acesso em: 10 de junho de 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/panorama. Acesso em: 25 de maio de 2019.
- Melo, E. T.; Sales, M. C. L.; Oliveira, J. G. B. de.; Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. In: RAEGA. UFPR. Departamento de Geografia. Curitiba. 2011.
- VALE. Esclarecimentos sobre a Barragem I da Mina de Córrego do Feijão. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/Esclarecimentos-sobre-a-barragem-I-da-Mina-de-Corrego-do-feijao.aspx. Acesso em: 10 de junho de 2019.