**Avaliações Colaborativas Em Barragens:**

**Utilização da Computação Gráfica como Facilitador**

**Collaborative Evaluations In Dams:**

**Use Of Graphic Computing As a Facilitator**

**Breno Brandão Gonçalves1, Diego Soares Santos2; Lucas Gabriel de Souza Dutra3**

**Paulo Henrique dos Santos4; Rafael Moreira Almeida5; Vinicius Menezes Lopes6; João Evandro Nicomedes Araujo7** (Orientador)

Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG

1bbrandaog@icloud.com; 2diego.soares1992@hotmail.com; 3lucasbiel7@icloud.com; 4phenriquesantos17@gmail.com; 5[rafa.almeid@hotmail.com](mailto:rafa.almeid@hotmail.com); 6vmenezes59@gmail.com;

7evandro.araujo@prof.unibh.br

*Resumo: Ocorreram vários rompimentos em barragens de rejeitos devido as dificuldades de realizar avaliações efetivas. Nosso projeto tem a intenção de diminuir esses casos utilizando a computação como facilitador. O objetivo é realizar a análise de imagens e processa-las para encontrar falhas ou anomalias nas estruturas das barragens, assim enviando para engenheiros responsáveis que iram analisar as imagens coletadas pelo algoritmo e avaliar o estado operacional das mesmas. Outro ponto positivo da aplicação será a possibilidade de realizar avaliações colaborativas, tendo assim, maior assertividade em seus resultados.*

*Palavras-chave: Processamento de imagem; Rompimento de barragens; Trabalho colaborativo;*

*Abstract: There have been several disruptions in tailings dams because of the difficulties of conducting effective evaluations. Our project intends to reduce these cases using computation as a facilitator. The objective is to perform the image analysis and process them to find fault or anomalies in the structures of the dams, thus sending to responsible engineers who will analyze the images collected by the algorithm and evaluate their operational state. Another positive point of the application will be the possibility of carrying out collaborative evaluations, thus, being more assertive in its results.*

*Keywords: Image processing; Dam rupture; Collaborative work;*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**1 Introdução**

Um dos principais motivadores para o desenvolvimento desse projeto, foi a quantidade de barragens que vem se rompendo no Brasil ao longo dos anos. Em junho de 2004, a barragem Camará no município de Alagoa grande rompeu com apenas 60% de utilização em relação a sua capacidade máxima. Segundo Silva (2006), foi devido a falhas na construção de sua ombreira esquerda que resultou em uma grande inundação. Em 05 de novembro de 2015, ocorreu o rompimento da barragem do Fundão, este rompimento causo um dos maiores desastres ambientais (Lopes, 2016). O caso mais recente ocorreu no dia 25 de janeiro de 2019 com o rompimento da barragem de rejeitos da mina Córrego do Feijão. Foram dezenas de pessoas mortas e diversas áreas soterradas (Pereira, 2019).

Segundo Lopes (2016), o rompimento da barragem de fundão ocasionou uma onda de lama residual tão devastadora e poluente que ocasionou o fim de vidas humanas, soterrou centenas de nascentes, contaminou vários rios importantes e destruiu florestas inteiras. Também foi elevado consideravelmente os níveis de turbidez da água contaminada, a tornando imprópria para o consumo além de fazer com que a população de peixes fosse praticamente extinta onde foi atingido pela lama.

Foram entrevistadas 18 pessoas sobre as perdas ocasionadas pelo rompimento da barragem de Camará. Dos entrevistados, 21,4% perderam a casa, 28,05% perderam o comercio e mais 28,05% perderam a plantação. A perda de animais, como vacas, cavalos, galinhas e cachorros foram de 35,07%. E predominantemente, 92,08% dos entrevistados, perderam bens materiais, como veículos, moveis, roupas, alimentos e outros. (SILVA, M. M. A., *et al*.)

Conforme apontado por Carneiro (2018) em seu estudo, foram diversas causas do rompimento da barragem do distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana. O principal deles foi um defeito no sistema de drenagem, que resultou a entrada de lama nas galerias, que se misturou com o material arenoso da barragem, o que gerou um processo de liquefação do material. Outra causa foram três abalos sísmicos na região, considerados como gatilho para o início da erosão.

* 1. **Objetivos**

Este artigo tem como objetivo demostra a importância do trabalho colaborativo e informatizado, para conseguir realizar avaliações de barragens com maior grau de assertividade e agilidade, através do trabalho dos engenheiros e de recursos computacionais assim diminuindo as ocorrências de catástrofes na natureza provocadas pelo homem.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2, encontra-se a metodologia utilizada durante a pesquisa. Na Seção 3, é apresentada a revisão bibliográfica e a fundamentação teórica. Na Seção 4 são apresentados os resultados. E por último, na seção 5 a conclusão.

**2 Metodologia**

Durante o estudo de Silva Neto, foi utilizado algoritmos para mineração de dados e analise estruturais da barragem de ITAIPU, demostra a necessidade de uma verificação continua das estruturas de uma barragem para segurança da mesma. Também fala sobre a dificuldade de um técnico conseguir analisar todos os pontos críticos já que demanda expertise em diversas áreas de atuação como por exemplo: matemática, estatística entre outras. Utilizaram a técnica conhecida por MVD – Mineração visual de dados que permite encontrar anomalias de forma rápida e efetiva.

As barragens são geralmente obras de grande risco devido à possibilidade de ruptura, com consequências catastróficas para as próprias estruturas, para o meio ambiente, com destruição de flora e fauna, e principalmente pelas perdas de vidas humanas e econômicas, com isso a sua avaliação é de grande importância para sua preservação. (Quem falou isso?)

Como explicado por Barbosa L. (2002), as instruções e procedimentos de inspeção de barragem tem que diversas informações (não consegui entender), tais como, itens a serem observados em todas as estruturas e equipamentos, frequência de registro e elaboração de relatórios, descrição de inspeções adicionais necessárias durante o primeiro enchimento do reservatório e por último requisitos e frequência de leitura dos instrumentos topográficos.

As inspeções são divididas em três classificações: inspeções rotineiras, quando são realizadas semanalmente ou mensamente e não geram relatórios específicos, mas apenas comunicados de anomalia caso houver. Inspeções formais, que são realizadas por técnicos do proprietário responsável da barragem com frequência a cada seis meses ou anual com isso gerando relatório de observações de campo e analises pertinentes. Inspeções especiais, é aquela que envolve vários especialistas tais como hidráulico, mecanino (mecânico?), geotécnico, geológico, estrutural, técnico em concreto e elétrico, se o proprietário não possuir esses especialistas é recomendado realizar a contratação de consultores para suprir a demanda, a frequência (para vistoria?) vai de 5 a 10 anos.

(As inspeções do nosso trabalho PI?)

As inspeções serão feitas em cima dos seguintes itens:

- Levantamento e análise dos manuais de operação e manutenção.

- Avaliação dos procedimentos atuais de operação, incluindo pessoal, equipamentos, recursos de apoio etc.

- Diagnósticos das estações de monitoramento e das condições operacionais.

- Avaliação da implementação do sistema para monitoramento hidrológico da barragem.

- Cadastramento e avaliação das instalações administrativas e operacionais existentes na barragem.

- Inspeção e avaliação das estruturas do barramento, diques auxiliares e obras complementares da barragem.

- Inspeção e avaliação das obras e instalações de captações.

- Reconhecimento e diagnóstico das condições do uso e da ocupação das terras até a cota de inundação do reservatório.

- Reconhecimento e diagnóstico das condições da faixa de segurança e da área de preservação permanente do reservatório.

- Avaliação e acompanhamento das atividades de monitoramento da qualidade das águas desenvolvidas.

- Estação de Piscicultura.

- Horto florestal.

- Outras instalações do complexo.

Para toda inspeção deverá também ser documentada fotograficamente, para a ilustração dos aspectos mais relevantes, tais como: fissuras, aberturas de juntas, deslocamentos relativos, encontros e fundação, lençol freático reservatório, a bacia do reservatório, embora usualmente não afete diretamente a estabilidade da barragem, deslizamentos de terra próximas à barragem e no reservatório, todas as estruturas associadas, canais de tomada e restituição, estabilidade dos taludes e dos fusíveis, estruturas de concreto, equipamento mecânico-hidráulico, verificação sistemática, equipamentos de indicação de níveis, energia auxiliar e estradas de acesso.

Ao final de tudo deverá ser apresentado uma nota para inspeção Satisfatório, Aceitavel, Qualidade condicionalmente inferior, Qualidade inferior e insatisfatório, e uma análise técnica.

3. Inspeção de segurança de barragens utilizando drone em parte do processo

A construção de uma barragem, independentemente do seu tipo, é uma grande obra que passa por um longo processo do início ao fim de sua construção. Após finalizada, se faz necessária uma rotina de inspeção de segurança para assegurar e garantir a sua integridade durante a sua utilização. A realização regular das inspeções tem como objetivo prever e eliminar toda e qualquer possibilidade de ruptura da barragem, uma vez que seu rompimento pode causar um grande prejuízo ambiental, social e econômico. Durante o processo de análise da barragem é possível utilizar drone para agilizar e tornar parte do processo mais ágil e mais prático.

3.1 Estudo Preliminar

Inicialmente, para a realização da inspeção de uma barragem é necessário identificar o tipo de barragem. Dentre os tipos de barragens existentes, os mais comuns no Brasil são:

(a) terra;

(b) concreto;

(c) enrocamento;

Após identificar o tipo da barragem será possível saber quais os dados deverão ser coletados e analisados para que seja realizada a inspeção regular de segurança.

3.2 Materiais

Identificado o tipo da barragem, será possível então descobrir qual será o material correto para validar a respectiva barragem. A ficha de inspeção de segurança regular de barragem é fornecida pelo ANA - Agência Nacional de Águas, em seu website (<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/barragens/inspecao-de-barragens-1>), onde estão disponíveis os documentos para cada tipo de barragem.

3.3 Análise utilizando drone

A ficha de inspeção de segurança de barragem lista todos os fatores que devem ser avaliados para que uma barragem possa ser validada. Analisando todos os itens listados, foi observado que vários deles são plausíveis de análise visual através de imagens capturadas por um drone, como por exemplo a verificação da existência de fissuras (rachaduras), afundamentos/colapsos, vegetação, atividade de animais e insetos, tráfego de animais e gado, etc. Com isso, caso o profissional responsável pela inspeção de barragens utilize imagens dos locais capturadas previamente por um drone será possível realizar uma seleção mais eficiente das barragens onde há mais riscos e maior necessidade de análise tornando o processo de inspeção em larga escala mais ágil e seguro.

Segundo Figueiredo (2007), dentro da computação, o reconhecimento de padrões é uma área derivada da inteligência artificial. Esta técnica é largamente utilizada em diversas aplicações como leitura de códigos de barras, processamento de textos ou imagens, reconhecimento de voz, etc.

Para Albuquerque (2000), processar uma imagem consiste em transformá-la sucessivamente com o objetivo de extrair mais facilmente a informação nela presente, e o reconhecimento é a parte do processamento que vai classificar os objetos a partir de informações encontradas na imagem. Todavia, os resultados obtidos devem ser organizados de modo que possam ser utilizados para a análise humana ou computacional. Pode-se dizer que esse processo consiste na entrada de uma imagem em um sistema e na saída de um conjunto de valores numéricos que serão analisados por um algoritmo.

Figueiredo diz ainda que os resultados obtidos após o termino do processamento da imagem são usualmente um conjunto de vetores de características que precisam ser organizados e agrupados. Algoritmos de reconhecimento de padrão são utilizados no intuito de realizar este agrupamento. Muitos são os algoritmos de análise e processamento existentes, porém, dentre os diversos algoritmos existentes, os algoritmos baseados em histograma são frequentemente utilizados devido a sua simplicidade e eficiência.

**3 Referências Bibliográfica**

**3.1 Fundamentação Teórica**

**4 Conclusão**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Referências**

ALBUQUERQUE, M.; PORTES, M.; **Processamento de Imagens: Métodos e Análises**. 2000. 12 f. processamento digital de imagens e suas aplicações – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de janeiro, 2000. Disponível em < http://www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF >. Acesso em: 05 Mar 2019.

ARAÚJO SILVA, M. M. *et al.*; **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande**, PB. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 6(1). 2006.

BARBOSA, L. *et al.*; **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens –** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 148p, 2002.

CARNEIRO, G. S. G. *et al.* **Estudo de causas, impactos e medidas corretivas do rompimento de uma barragem de rejeitos, usando o caso da barragem de Mariana-MG**. 2018. 24f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade federal de Uberlândia: Faculdade de Engenharia civil, Uberlândia, 2018.

FIGUEIREDO, R.; **Um estudo de algoritmos de processamento de imagem e reconhecimento de padrão em imagem digital capturada em ambiente aberto**. 2007. 121 f. Dissertação de pós-graduação em mecatrônica – Escola Politécnica de pós-graduação em mecatrônica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007. Disponível em < https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/21470/1/VersaoFinalDissertacao.pdf>. >. Acesso em: 05 Mar 2019.

GRAÇA, N. L. S. de S; FAGGION, P. L; **Validação de determinação de deslocamentos relativos em barragens utilizando Topografia e Medidores Triortogonais de Jun**ta.Revista Brasileira de Geomática, Pato Branco, v.4, n. 2, p.89-98, mai/ago. 2016.

LOPES, L. M. N.; **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais.** Sinapse Múltipla, v. 5, n. 1, p. 1, 2016.

PEREIRA, L. F. *et al.*; **Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra**. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 4, n. 2, p. 122-129, 2019.

SILVA, M. M. A., *et al*.; **Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da Barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 6, n. 1, 2006. ISSN 1519-5228.

SILVA NETO, M. A. *et al.*; **Técnicas de mineração visual de dados aplicado ao monitoramento estrutural da barragem de Itaipu**. Brasil; Curitiba, UFPR. 2008.