

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/106

## Interface Dinâmica de Desempenho para Análise de Dados de Barragens de Mineração

Riadny Patrícia de Souza Ferreira

Engenheira Geotécnica/Doutoranda em Geotecnia, TPF Engenharia/UFPE, Recife, Brasil, riadny.ferreira@ufpe.br

Juliana Andrade Rodrigues

Auxiliar de Engenharia, TPF Engenharia, Fortaleza, Brasil, juliana.andrade@tpfe.com.br

Lucas Alexandre Furtado da Costa

Engenheiro Civil/Especializando em Data Science e Analytics, TPF Engenharia/USP, Recife, Brasil, lucas.costa@tpfe.com.br

Luana Raquel Juvino da Silva

Engenheira Geotécnica, TPF Engenharia, Pindoretama, Brasil, luana.raquel.365@ufrn.edu.br

Luiz Henrique Vieira de Moura

Engenheiro Civil, TPF Engenharia, Belo Horizonte, Brasil, luiz.moura@tpe.com.br

**RESUMO:** De acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), são exigidas inspeções de campo em barragens para avaliar sua segurança. Adicionalmente, monitorar essas estruturas com instrumentação apropriada contribui para a análise de segurança de barragem. A instrumentação gera uma quantidade considerável de dados, que podem ser processados usando ferramentas computacionais que ajudam a interpretar mais eficientemente esses dados e ajudam a minimizar erros. Este artigo apresenta o desenvolvimento do gerenciamento de informações para estruturas geotécnicas de uma forma mais dinâmica. A fim de realizar isso, um banco de dados foi criado dentro da plataforma do Big Query, da plataforma do Google Cloud. A informação é acessada através da plataforma do *Power BI*, que provê uma visão geral da segurança da barragem, incluindo sistema de auscultação, dados hidrotécnicos e informações gerais para cada barragem. Este método é útil para barragens e todos os tipos de obras de engenharia, suscitando, assim, diversos benefícios para a equipe técnica responsável e para a segurança da estrutura. A integração do armazenamento de dados no *Big Query*, dos mapas georreferenciados no ambiente GIS (Geographic Information System) e dos relatórios interativos do *Power BI* reduziram o tempo consumido e melhoraram a qualidade das informações analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Power BI, Monitoramento de Barragens, Barragens de Mineração

**ABSTRACT:** According to the National Dam Safety Policy (PNSB), it is required field inspections at dams to evaluate their safety. In addition, monitoring these structures with appropriate instrumentation contributes to dam safety analysis. The instrumentation generates a considerable amount of data, which can be processed using Computational tools that help to interpretate more efficiently these data and help to minimize errors. This article presents the development of information management for geotechnical structures in a more dynamic way. In order to accomplish this, a database was created inside the Big Query platform, from Google Cloud Platform. Information is accessed through the Power BI platform, which provides an overview of the dam safety, including the auscultation system, hydrotechnical data and general information for each dam. This method is useful for dams and all types of works engineering, thus generating several benefits for the responsible technical team and for the safety of the structure. The integration of storing data at Big Query, the georeferenced maps in GIS (Geographic Information System) environment and Power BI interactive reports, reduced the time consumed and improved the quality of the information analysed.

**KEYWORDS:** Power BI, Dam Monitoring, Mining Dams

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento de dados dentro da Engenharia exige uma atenção no recebimento e veracidade das informações e também da qualidade técnica para interpretar as informações, transformando-as em análises críticas. Na área de barragens de mineração, a instalação de instrumentos à montante e jusante da estrutura faz com que uma grande quantidade de informações seja armazenada e avaliada quanto à operação e segurança. Seja de natureza manual ou automática, os piezômetros e indicadores de nível de água, por exemplo, podem ter leituras registradas a cada hora, pontuando sensibilidades às variações climáticas e situações adversas.

De acordo com a Lei nº 12.334 (Brasil, 2010), a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), exige-se a inspeção com periodicidade estabelecida pela Resolução nº 95 (ANM, 2022) das barragens de mineração para auxiliar na prevenção de acidentes e auxiliar na segurança geotécnica. Este acompanhamento rotineiro das estruturas envolve a geração dos dados de leituras dos instrumentos a fim de auxiliar na análise e classificação da estrutura, apontando a realidade de segurança ou ausência dela.

Dependendo da empresa administradora das informações, estes dados podem ser entregues em formato de planilhas, indicando as leituras dos instrumentos. Quando há o recebimento destas informações, a escolha na metodologia de análise é de responsabilidade da empresa responsável. Nesta etapa, por exemplo, a transferência de leituras entre planilhas ou qualquer alteração necessária nestes dados pode ser sensível e gerar erros humanos.

De acordo com Pedott (2015), a avaliação de qualidade e desempenho de alguns serviços ocorre através de aplicação de métodos de análises de dados. Isto pode estar relacionado a geração, por exemplo, de um único dado como variável de resposta como dado funcional a quem avalia esta informação. A utilização e escolha de métodos de análise busca prevenir ou reduzir perdas na atividade a ser realizada. No contexto de informações de barragens, os dados de resposta podem ser as variações dos instrumento relacionadas com a pluviometria presente à montante da estrutura.

Com o avanço da tecnologia, diversos *softwares* são utilizados para facilitar a interpretação de dados. O termo *Business Intelligence (BI)*, segundo Nedelcu (2013) surgiu ainda antes da necessidade de aplicação em relatórios empresariais, devido a necessidade de análise de um grande número de dados. Os benefícios na aplicação do *BI* na corporação envolvem: ampliação da visão holística; facilidade na tomada de decisão mais assertiva e melhoria da visualização das informações no contexto operacional, tático e estratégico (Abusweilem & Abualoush, 2019).

O uso da plataforma do *Power BI* tem sido amplamente vista em diversos setores. No contexto de barragens, isto pode ser exemplificado através do trabalho de Lira (2022). O autor citado desenvolveu um *dashboard* interativo com dados do Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) de acesso facilitado acerca da situação das barragens brasileiras registradas no sistema.

Neste contexto, pode-se observar tanto o uso de inteligência artificial quanto a utilização de *dashboards* em plataformas de *business intelligence* são capaz de auxiliar na eliminação de erros dentro da probabilidade estatística. Compreendendo as melhorias promissoras do tratamento de dados e a gratuidade de plataforma, foi desenvolvido um *dashboard* no *Power BI* dos dados de instrumentação das barragens. O desenvolvimento do trabalho e os benefícios serão dispostos no presente artigo.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Banco de dados e estruturação de tabelas

Os registros de instrumentação advêm de uma plataforma que engloba dados manuais e automáticos de diversos instrumentos. Para utilizar esses dados no *Power BI*, foi verificada a necessidade de elaborar uma base de dados capaz de abarcar mais de 500 mil linhas de dados. Dessa forma, foi descartada a possibilidade de uso de arquivos do tipo planilha (xlsx) ou csv (valores separados por vírgula), a fim de evitar sobrecargas na base de dados.

Após algumas considerações acerca do custo e da curva de aprendizagem, foi escolhida a plataforma *Big Query*, do *Google Cloud Platform*, como o banco relacional usado para guardar informações de registro de instrumentos das respectivas minas e estruturas. Não há tarifa para o uso do *Big Query* para a quantidade

de dados usados nesse projeto, reduzindo então a quantidade de aporte financeiro para o desenvolvimento da solução. Além disso, a plataforma apresenta um *layout* amigável para o usuário criar e anexar dados, reduzindo o custo operacional relativo ao entendimento do uso mais eficiente da instância.

Para construir e usar o modelo de dados, é necessário definir as tabelas fatos, que guardam medidas e as suas dimensões que contextualizam as medidas (Oliveira, 2020). Portanto, foi utilizado como as “tabelas fatos” aquelas tabelas que constituem medições, tanto de instrumentação quanto de pluviometria. As dimensões foram selecionadas e usadas através de identificadores únicos, dispostos também nas “tabelas fato”. A seguir, na Figura 1, apresenta-se o modelo de dados utilizado no projeto.

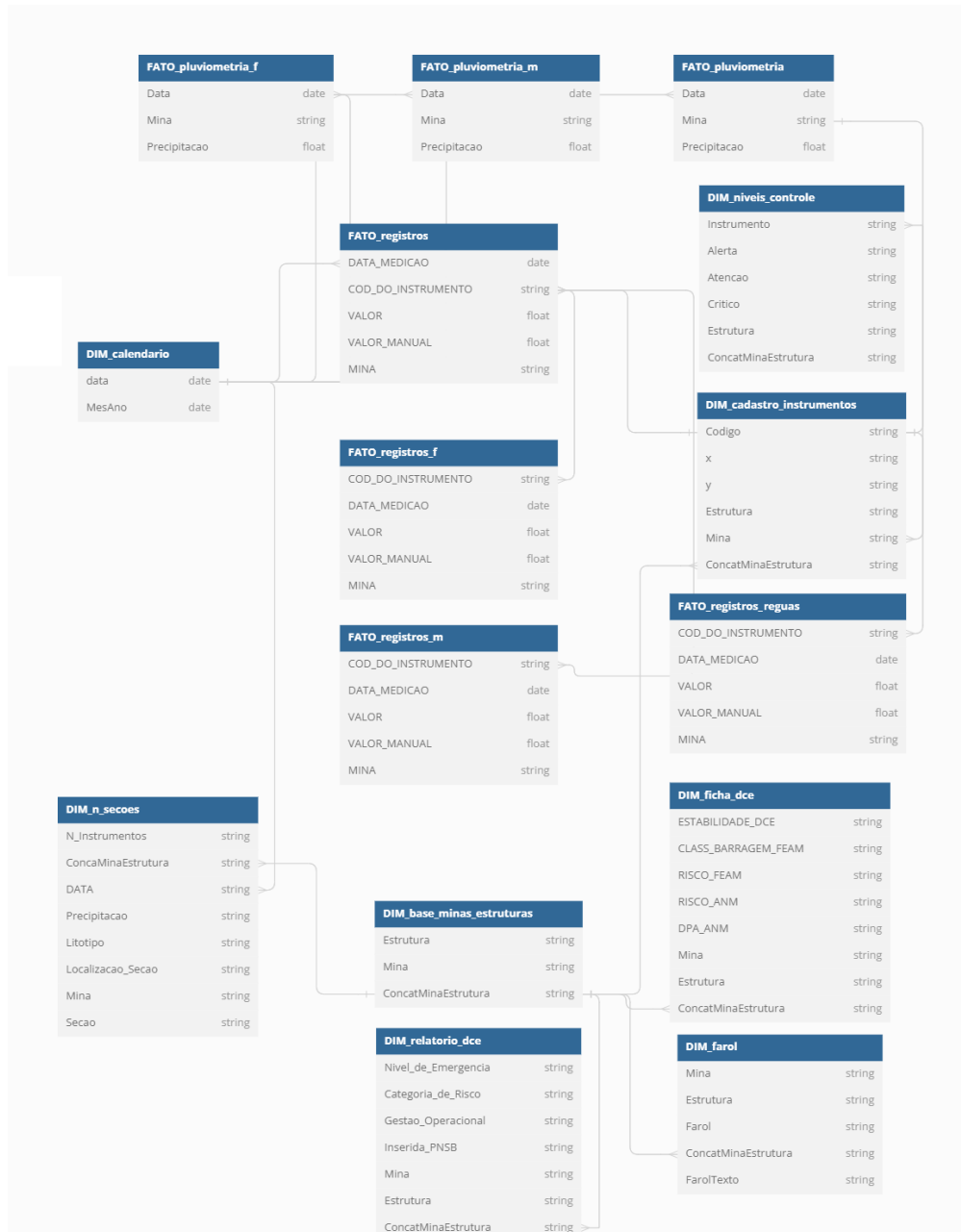


Figura 1. Modelo de dados.

Com a estruturação e ligação das tabelas definidas, os dados históricos dos instrumentos foram carregados na plataforma do *Google Cloud*. Os registros recebidos pelo cliente tiveram que passar por um tratamento, a fim de padronizar a localização de cada atributo das tabelas, ao longo de duas décadas. Vale

salientar que a padronização não tem a finalidade de alterar os dados brutos recebidos, exceto para casos de eliminação de *outliers*, acordado com o cliente.

Por fim, através da conexão nativa do *Power BI* com o *Big Query*, é possível importar os dados que estão depositados na plataforma da nuvem e utilizá-los para desenvolver medidas e gráficos. Essa conexão se dá através da entrada do usuário administrador do projeto do *Google Cloud* dentro do *Power BI*, reduzindo a demanda de trabalho para realizar a extração de dados.

## 2.2 Ajuste do layout

O processo inicial da elaboração do *dashboard* contou com a participação ativa de uma equipe técnica de geotecnia e a desenvolvimento de softwares, no qual foram selecionados os dados mais relevantes a serem apresentados no painel interativo.

Nesse contexto, a primeira etapa consistiu em desenvolver a melhor representação gráfica para o comportamento das leituras automáticas e manuais dos instrumentos, sendo eles: piezômetros; indicadores de nível de água; réguas limnimétricas; medidores de vazão e pluviômetro(s) de cada estrutura. Além disso, foi considerado importante apresentar, graficamente, os níveis de controle de cada instrumento. Estes níveis consistem na definição de um intervalo de valores, no qual ao atingí-los pode significar que ele apresentou um comportamento destoante do observado em sua vida útil, demonstrando a necessidade de atenção para garantir a integridade da estrutura monitorada (Marinero, 2022).

É válido mencionar acerca dos botões interativos para selecionar a mina e a estrutura a ser analisada. Além disso, foram criadas caixas de seleção para o instrumento e ferramentas de filtro para o eixo horizontal (período de análise) e para os dois eixos verticais principal e secundário (com leituras do instrumento, régua limnimétrica e níveis de controle no primeiro e precipitação no segundo, respectivamente). Tais seleções são importantes para garantir uma melhor visualização de todos os dados apresentados graficamente, proporcionando maiores opções de análise para o usuário.

Outro ponto escolhido para compor o *layout* foi a apresentação do Dano Potencial Associado (DPA) e a Categoria de Risco (CRI) de cada estrutura, segundo os critérios estabelecidos para a classificação das Barragens de Mineração na Resolução nº 95 (ANM, 2022). Outrossim, adicionou-se a condição quanto ao nível de emergência e a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), obtidas por meio das normativas do dispositivo legal supracitado. É válido ressaltar que também foi considerada a classificação da Categoria de Risco (CRI) e do Potencial de Dano Ambiental (PDA) pelas diretrizes do Decreto nº 48.140 (Minas Gerais, 2021) na elaboração do painel interativo.

A equipe também optou pela apresentação do panorama histórico de cada instrumento, sendo ele composto pelas elevações máximas, mínimas e médias obtidas desde a data de sua instalação até o período atual de análise. Foi necessário ainda adicionar um quadro com a avaliação dos dados de instrumentação de acordo com a referência mensal escolhida. Nele está inserido a variação máxima e média do mês escolhido em relação ao anterior, bem como a leitura média e a oscilação mensal. Este último consiste na diferença entre o registro máximo e o mínimo observados no intervalo descrito. Pontua-se que a diferença entre a leitura máxima observada e o valor definido para cada nível de controle (atenção, alerta e emergência) também foi apresentado, já que tal dado permite observar em quais meses o instrumento atingiu ou esteve mais próximo de atingir os limites estabelecidos.

Foi possível aprimorar a visualização interativa da localização dos instrumentos com a utilização de mapas utilizando plataformas atualizadas de imagens. Com a inserção de ortofotos da plataforma ArcGIS, a composição do *dashboard* foi acrescida da imagem interativa através da seleção, por etapas, da mina, barragem e os instrumentos, aproximando para a escolha através de zoom. A aplicação referida também permitiu a inserção de diversas outras interações georreferenciadas, incluindo os dados de formação geológica, litotipos e hidrologia no qual estão inseridas cada estrutura. É necessário salientar que os arquivos que deram origem as funcionalidades supracitadas, foram importados no formato *shapefile*, que consiste em uma extensão utilizada para armazenar informações vetoriais e geoespaciais, disponível na base cartográfica de domínio público do Serviço Geológico Brasileiro (SGB-CPRM), em escala 1:1000000.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Aparência do *dashboard*

A seleção da estrutura avaliada pela equipe técnica e tecnologia de informação está em um painel interativo, mediante uma coletânea de barragens de mineração. A Figura 2a apresenta a visualização inicial do painel e a Figura 2b é o resultado, em tela, após a seleção da mina, estrutura, tipo de instrumento e instrumento. A seqüência de seleções proposta para geração dinâmica da visualização final do *dashboard* é:

- Mina;
- Estrutura (a partir desta escolha, as caixas de texto de nível de emergência, classificações da barragem e declaração de condição de estabilidade são atualizadas);
- Tipo de instrumento (entre piezômetros, indicadores de nível de água, medidores de vazão e réguas do reservatório);
- Nome do instrumento (nesta escolha, o panorama do período e o gráfico são atualizados);
- Ajuste dos eixos gráficos verticais (principal e secundário);
- Escolha do intervalo definido como o período de análise (datas, meses e anos iniciais e finais);
- Seleção do mês e ano, para análise mensal na região inferior da tela (esta escolha faz com que as caixas de texto da diferença entre a leitura média e os níveis de controle também sejam atualizadas).



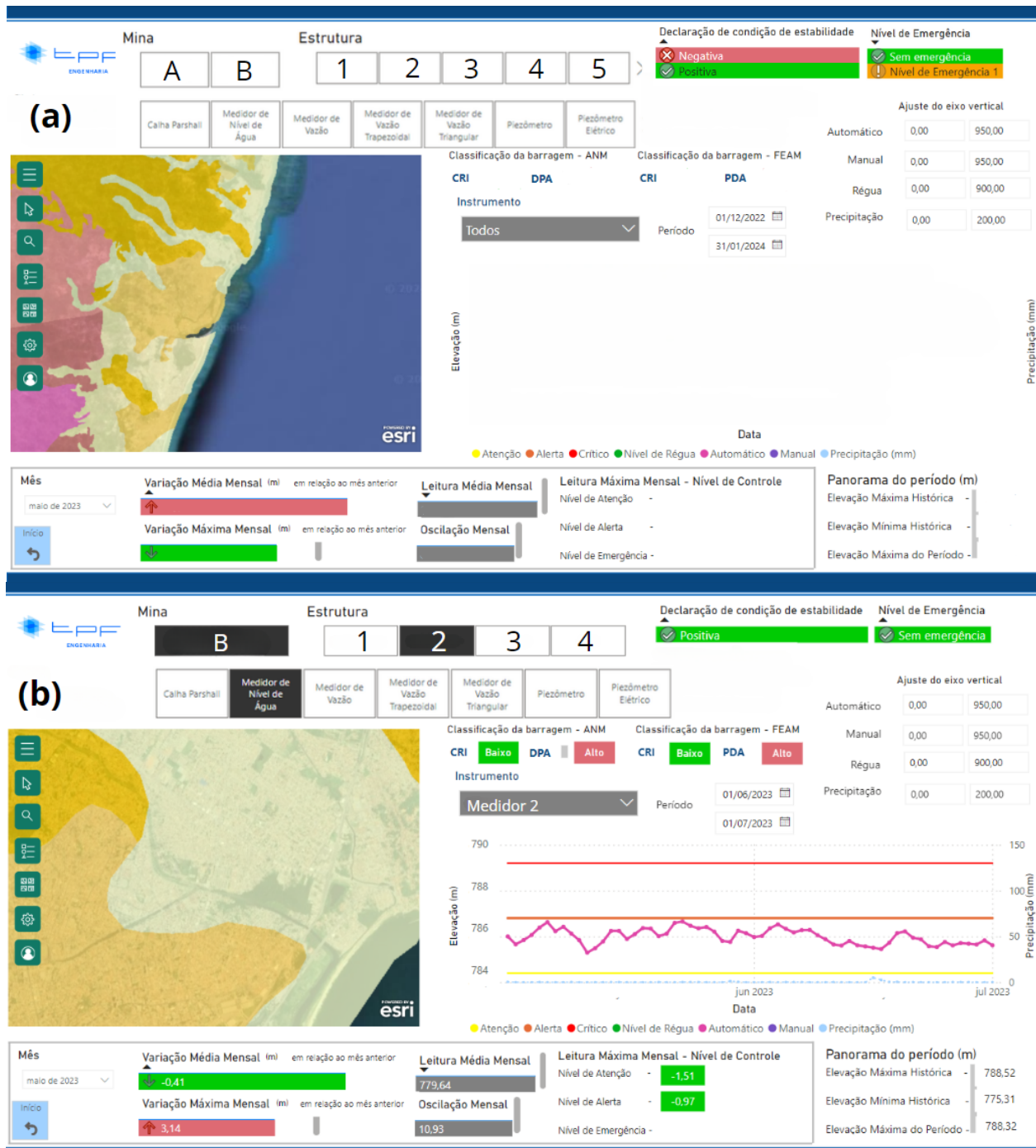


Figura 2. (a) Dashboard inicial (b) Dashboard após seleções.

Ao desenvolver este *dashboard*, foi notado uma redução consideravelmente das horas dedicadas na transferência e tratamento prévio dos dados pela equipe de mineração. Por este motivo, este tempo anteriormente desperdiçado pode ser utilizado na análise holística do comportamento dos instrumentos da barragem de mineração. Assim, percebe-se que os benefícios auxiliam, aprimorando a organização gerencial e a qualidade técnica dos documentos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da plataforma do *Power BI* no armazenamento do banco de dados e geração de *dashboard* da instrumentação de barragens de mineração gerou diversos benefícios, são eles:

- Redução do tempo de tratamento prévio de dados por meio da eliminação da etapa de transferência de dados entre planilhas. A depender do quantitativo de instrumentos locados na barragem, demandava até três dias, considerando a possibilidade de travamento de planilhas devido à robustez de dados nos arquivos;
- Eliminação de erros humanos na transferência de dados entre a planilha de origem e uma nova planilha de tratamento de dados;
- Aumento de tempo disponível para análise crítica, holística e aprofundada do comportamento dos instrumentos, melhorando a qualidade das entregas para o cliente;
- Proteção de dados através de armazenamento em nuvem, com sistemas mais rígidos de segurança por meio da criptografia, que impedem o acesso de cybercriminosos;
- Centralização das informações das barragens de acesso facilitado, que anteriormente gerava diversas planilhas separadas;
- Visualização clara e sucinta sobre a estrutura, facilitando o acesso às informações da gerência e apresentações externas;
- Integração multidisciplinar entre múltiplas aplicações como *ArcGIS*, *Power BI* e *Big Query*;
- Dashboard moderno e interativo, sendo ele totalmente personalizável pelo usuário;
- Acompanhamento das informações disponibilizadas para o cliente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à TPF Engenharia pelo apoio e incentivo à pesquisa e inovação, além do interesse e acolhimento nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Mineração – ANM (2022). *Resolução n° 95*, de 7 de fevereiro de 2022. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB. Brasília, DF.
- Abusweilem, M. A., Abualoush, S. (2019). The impact of knowledge management process and business intelligence on organizational performance. *Growing Science*, 2143-2156p.
- Brasil. (2010) *Lei n° 12.334*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil. Brasília, DF.
- Lira, R. S. M. (2022) *Segurança de Barragem: Avaliação das Barragens de Mineração no Brasil segundo dados de parâmetros de classificação da Agência Nacional de Mineração e criação de plataforma Power BI*. TCC de Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco, 85p.
- Marinero, R. A. (2022) Proposta de metodologia para definição dos níveis de controle da instrumentação associados aos modos de falha: estudo de caso em uma barragem para disposição de rejeito de mineração. Tese de Pós-Graduação em Engenharia Geotécnica. Universidade Federal de Ouro Preto, 160p.
- Minas Gerais (2021) *Decreto n° 48.410*. Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens. Belo Horizonte, MG.
- Nedelcu, B. (2013) Business intelligence systems. *Database System Journal*, v.4(4), 12-20p.
- Pedott, A. H. (2015) *Análise de Dados Funcionais Aplicada à Engenharia da Qualidade*. Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 132p.
- Oliveira, J. P. C. C. (2020) Development of a Business Intelligence Conceptual Model for Waste Collection and Transportation Monitoring. *Tese de Mestrado em Gestão de Informação*. Universidade Nova de Lisboa, 28p.