RESUMO EXPANDIDO

Controle de cheias e secas

MÉTODOS E MEDIDAS DE LEVANTAMENTO AS-BUILT EM INFRAESTRUTURAS DE PROTEÇÃO CONTRA INUNDAÇÕES: O CASO DO PÔLDER DE PELOTAS

Eduardo Matielo Moraes da Silva, Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, eduardomatieloalm@gmail.com
Felipe Machado D'Avila, Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, felipemd@outlook.com
Alexandre Felipe Bruch, Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, afbruch@gmail.com
Gilberto Loguercio Collares, Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, gilbertocollares@gmail.com
Nelva Bugoni Riquetti, Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, nelva.bugoni@gmail.com
Henrique Mathias Reis, Agência para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, henrique-m.reis@hotmail.com
Karina Retzlaff Camargo, Universidade Federal do Rio Grande, karinaretzlaff@gmail.com

Resumo: O aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, como cheias e inundações, ressalta a necessidade de desenvolver e aplicar estratégias eficazes para reduzir os impactos. Infraestruturas de proteção, como barragens, diques e sistemas de drenagem, são fundamentais para controlar o excesso de água em áreas vulneráveis, prevenindo ou minimizando danos. Neste contexto, este estudo analisa os métodos e ferramentas de levantamento *As-Built* no Pôlder de Pelotas, com o objetivo de avaliar a eficácia e precisão de tecnologias como o aerolevantamento por drones e o GNSS-RTK na projeção e monitoramento de obras de contenção de cheias. A relevância do estudo é reforçada pelo aumento da frequência de eventos climáticos extremos, que afetam diretamente a população. O uso de tecnologias de levantamento georreferenciado não só documenta o projeto executado, como também identifica áreas que requerem intervenção imediata, assegurando a segurança e a durabilidade da obra. A metodologia foi aplicada na cidade de Pelotas, onde o dique foi construído, sendo comparado com o projeto original e sua funcionalidade atual. Como resultados foram gerados o Ortomosaico e o Modelo Digital de Superfície, demonstram alta precisão e destacam os pontos que necessitam de correção.
Palavras-chave: levantamento As-Built, GNSS-RTK, pôlder, diques, inundação, aerolevantamento.

1. INTRODUÇÃO

A crescente ocorrência de eventos climáticos extremos, frequentemente resultando em cheias e inundações, evidencia a necessidade cada vez maior do desenvolvimento e aplicação de estratégias para mitigar e atenuar seus impactos. Infraestruturas de proteção, como barragens, diques e sistemas de drenagem, tornam-se essenciais e fundamentais para a contenção do excesso de água em áreas suscetíveis a inundações, prevenindo ou retardando os danos. Para compreender esses fenômenos, é

importante conceituar alguns termos: enchentes, que ocorrem quando o nível de um rio se eleva e ultrapassa sua calha natural, mas ainda permanece dentro de suas margens; inundações, que acontecem quando a capacidade do rio é superada pelo volume de água, inundando as regiões adjacentes; e alagamentos, que se referem ao acúmulo de água, especialmente em áreas urbanas, devido a questões topográficas e a projetos de drenagem mal executados ou inexistentes (LICCO, 2015).

Entre as soluções estruturais, diques e pôlders figuram como as opções mais utilizadas para mitigar esses problemas, devido à sua ampla aplicação global, eficácia e segurança. Diques podem ser definidos como estruturas projetadas e construídas com o intuito de proteger áreas próximas suscetíveis a uma possível inundação, caso o nível do corpo hídrico adjacente atinja sua cota máxima. Já os pôlders são áreas contíguas que, na ausência de diques, seriam inundadas em períodos de cheias, e que geralmente requerem um sistema de drenagem associado, como canais e bombas, com o fluxo sendo direcionado a uma bacia de amortecimento, que atua como um reservatório temporário, retendo o excedente de água.

Para projetar tais estruturas e detalhar a topografia da região onde será implantado o dique, uma das tecnologias frequentemente empregadas é o método GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematic) e o aerolevantamento com drones. Essas ferramentas permitem um mapeamento preciso do terreno, tanto para a concepção do projeto quanto para a realização do levantamento As-Built da obra, que consiste em documentar a execução do projeto, comparando-o com a projeção inicial, facilitando futuras manutenções, além de analisar, após a conclusão, a eficiência e garantir a segurança e integridade da construção realizada.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Os crescentes eventos climáticos extremos (NASCIMENTO, 2024) expõem cada vez mais a necessidade de implementar tecnologias para mitigar os impactos através do estudo da topografia da região. Enchentes, inundações e alagamentos (LICCO, 2015), desastres hídricos que se tornaram cada vez mais frequentes, podem gerar a necessidade de projetos de estruturas como diques, que acabam por proteger regiões que seriam inundadas em épocas de cheia (FADEL, 2015).

Para projetar e identificar regiões topográficas suscetíveis a inundações, utiliza-se tecnologias como GNSS-RTK (EXTERCKOETTER, 2019) e Aerolevantamento com drones, técnica de levantamento aéreo empregada para capturar imagens e dados topográficos de grandes áreas (DA SILVA, 2012), que possuem alta precisão.

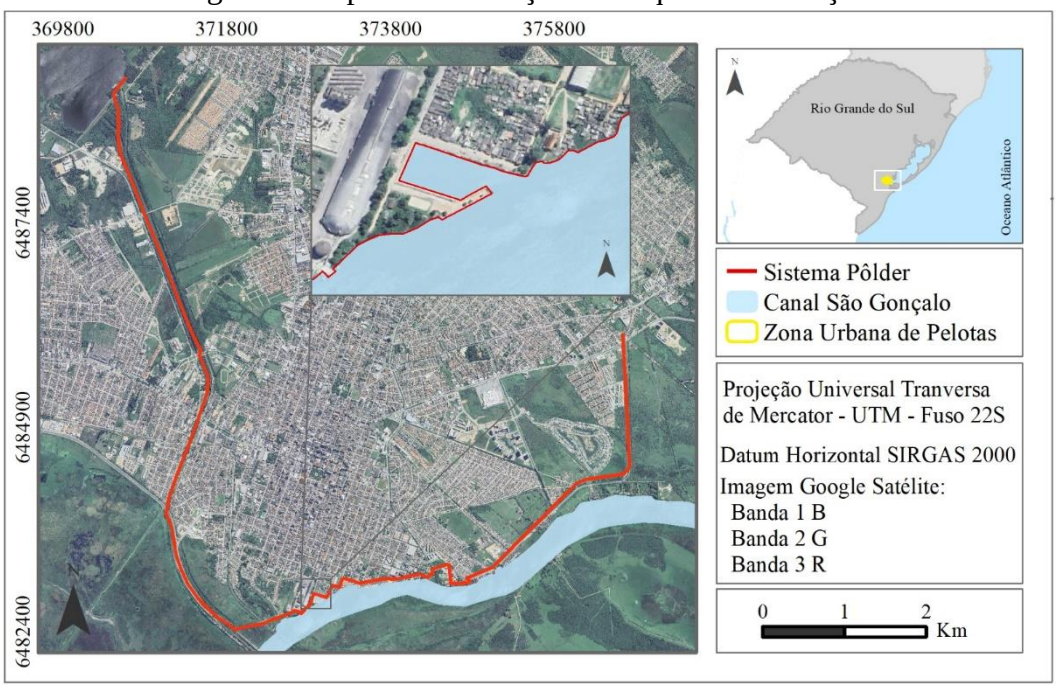
O método de levantamento GNSS/RTK emprega um sistema de coordenadas geodésicas para localizar um ponto específico na superfície terrestre. A sigla GNSS, que significa Sistema Global de Navegação por Satélite, refere-se ao conjunto de satélites utilizados pelo equipamento, incluindo os principais sistemas como GPS, GLONASS, GALILEO e BEIDOU. A tecnologia RTK (Real Time Kinematic) oferece ao usuário a capacidade de determinar sua posição com precisão centimétrica em tempo real, e com a aplicação de pós-processamento e ajustes, essa precisão pode ser aprimorada para a ordem de milímetros (EXTERCKOETTER, 2019). Utilizando essas tecnologias, é realizado o As-Built da estrutura, com o intuito de registrar as condições reais de uma obra após a sua conclusão, para possíveis manutenções no futuro e verificação da excelência ao final da obra (GOUVEIA, 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado no Pôlder de Pelotas (ver Figura 1), região onde foi projetado e construído um dique contra inundações oriundas do Canal São Gonçalo, que liga a Lagoa Mirim com a Lagoa dos Patos. O dique fica localizado em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

Figura 1: Mapa de localização do Dique de contenção.



3.2 Instrumentos e ferramentas

Para se obter um produto corretamente georreferenciado, é necessário o auxílio de um equipamento topográfico ou geodésico adequado. No estudo de caso, foi utilizado o método GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematic), que é amplamente utilizado e recomendado para realizar levantamentos topográficos com alta precisão.

Foi utilizado também um Aerolevantamento com Pontos de Controle. Os pontos de controle foram utilizados para garantir a precisão das imagens e a correção das distorções provocadas pela perspectiva aérea. Utilizando estações de base e rovers em pontos estratégicos ao longo do pôlder, foi possível coletar dados de localização e elevação. Com o terreno previamente preparado, realizou-se a captura de imagens aéreas utilizando drones equipados com câmeras de alta resolução. O procedimento adotado foi de sobrevoo das áreas do pôlder, com pontos de controle georreferenciados no solo para garantir a precisão das imagens e dos dados obtidos.

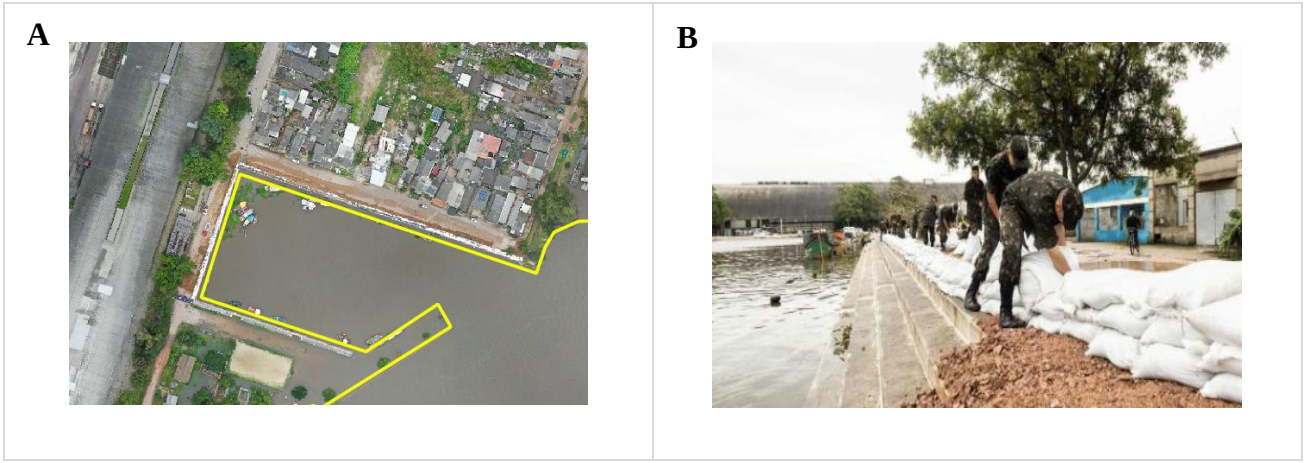
Foram realizados nove aerolevantamentos através do Programa DroneDeploy, com sobreposição frontal e lateral de 70% e uma altura de voo de 40 metros. Os aerolevantamentos geraram 948 fotos as quais foram processadas no software Agisoft MetaShape. No processamento foram

utilizados 30 pontos de controle e 20 pontos de checagem. Os produtos Ortomosaico e Modelo Digital de Superfície foram importados para o Software SIG QGIS 3.28 para geração dos produtos de análise para o As Built.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

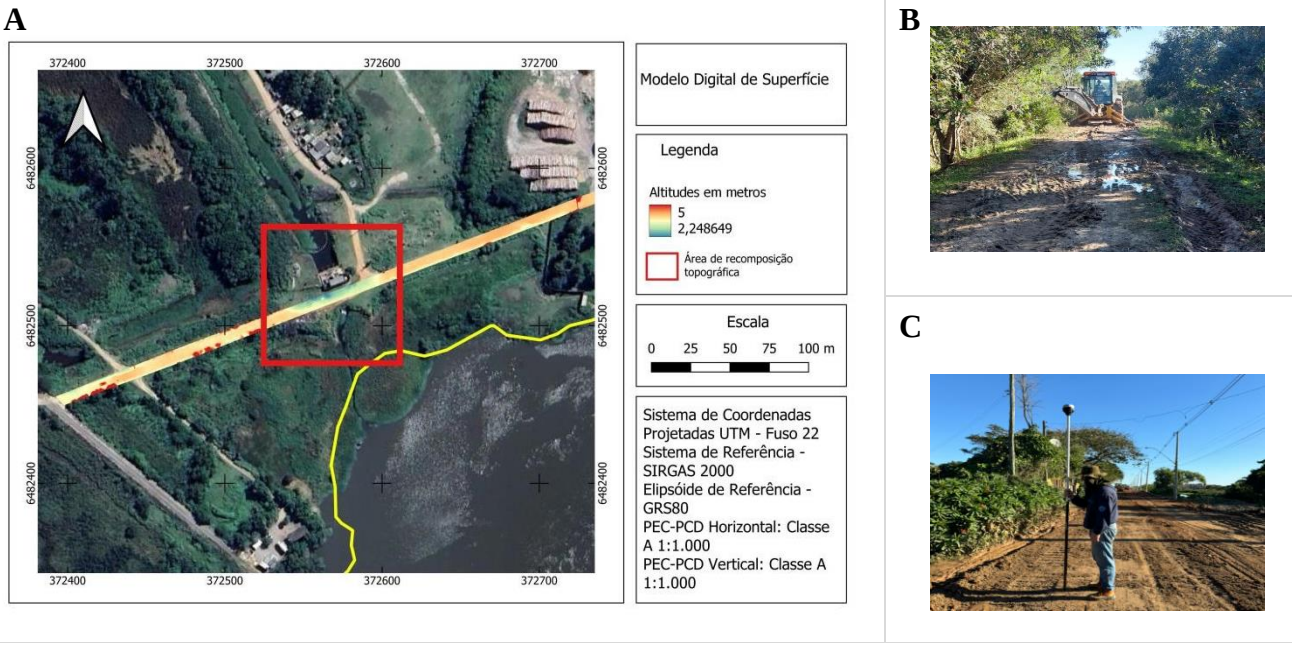
O ortomosaico foi gerado com resolução espacial de 1,5 cm e o Modelo Digital de Superfície (MDS) com resolução espacial de 10 cm, ambos enquadrados no Padrão de Exatidão Cartográfico PEC-PCD Classe A, na escala 1:1000 (ver Figura 2). No ortomosaico foi possível avaliar o traçado geométrico do Pôlder de Pelotas, principalmente nos pontos onde ele apresenta composição temporária, como no caso do acesso ao porto de Pelotas, onde a superfície de contenção não pode obstruir o acesso as operações portuárias.

Figura 2: A) Ortomosaico com o contorno temporário do Pôlder. B) Colocação de contenção temporária.



Já o MDS foi utilizado para o As Built dos locais onde parte do dique fixo necessitava recomposição topográfica, pois o nível de projeto (3,5 m) não apresentava-se mais nesta cota, como pode ser observado na Figura 3a. Foram identificados 4 locais que apresentavam altitudes inferiores ao projetado, sendo informado as autoridades competentes para a execução da recomposição topográfica. Cabe destacar que a maioria destes locais apresentavam altitudes próximas aos 2,5 metros, necessitando aproximadamente de 1 metro de recomposição do talude (ver Figura 3b). Os perfis topográficos longitudinais demonstraram que os taludes apresentavam geometria conforme projeto (3:1), em condições fixas e com mínimas erosões instaladas (Figura 3c).

Figura 3: A) Mapa de localização das áreas com recomposição topográfica. B) Retaludamento C) Controle de Nível do Dique.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que o uso de tecnologias para o levantamento com drones no Pôlder de Pelotas utilizando GNSS-RTK e aerolevantamento, proporcionou um monitoramento confiável, permitindo a identificação de áreas que necessitavam de recomposição topográfica. Um ponto positivo a ser destacado é a capacidade dessas ferramentas de fornecer dados precisos em tempo real, essenciais para o monitoramento e verificação da integridade ao longo do tempo. Além disso, os resultados reforçam a importância desse tipo de estudo para a prevenção de desastres hídricos, como cheias e inundações, gerando informações detalhadas e confiáveis.

6. REFERÊNCIAS

CORRÊA, André Luiz; QUARESMA, José Eduardo. **Uso de Drone em Levantamento Planialtimetrico para Obtenção de Ortofoto e Modelo Digital do Terreno**. Revista Científica Semana Acadêmica, v. 1, p. 19, 2018.

DA SILVA, Gleice Pereira; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz; TANAJURA, ELMO Leonardo Xavier. **LEVANTAMENTO GEODÉSICO GNSS-RTK PARA O MAPEAMENTO DA LINHA DE COSTA**. 2012.

EXTERCKOETTER, Adriano Turazi. **Análise da volumetria obtida por dados GNSS/RTK e drone.** 2019.

FADEL, Amanda Wajnberg. **Incorporação do risco de prejuízo no gerenciamento de medidas de controle de inundação**. 2015.

GOUVEIA, Vitor Bez et al. **Comparação entre os métodos as built tradicional e com modelagem BIM sobre nuvem de pontos**. 2020

LICCO, Eduardo Antonio; MAC DOWELL, Silvia Ferreira. **Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança**. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, v. 5, n. 3, p. 159-174, 2015.

NASCIMENTO, João Paulo Santos do. **Eventos extremos: o impacto da crise climática nas migrações no Brasil.** 2024.