Modificações do leito do rio Taquari e seu impacto sobre as inundações

Walter Collischonn; Fernando Mainardi Fan; Rodrigo Cauduro Dias de Paiva; Mateus Sampaio

IPH-UFRGS

Franco Buffon

SGB

Sofia Royer Moraes

UNIVATES

Porto Alegre

2025

Sumário Executivo

Foi realizada uma análise das modificações do leito do rio Taquari e do impacto destas alterações sobre as inundações, no trecho que se estende desde a ponte da BR-386, entre os municípios de Estrela e Lajeado, até a barragem de Bom Retiro do Sul. Para esta análise foram utilizados dados de batimetria obtidos pelo DNIT antes e depois da cheia de 2024, e dados de 2016, levantados durante projeto da UFRGS na região. Além disso, foi utilizado um modelo hidrodinâmico para avaliar o impacto das modificações do leito sobre as inundações. Com base nas análises e nas simulações realizadas é possível afirmar o que segue.

Não há evidências de que, no trecho do rio Taquari entre Lajeado e Estrela e a barragem de Bom Retiro do Sul, a cheia de 2024 tenha sido causada ou intensificada pelo assoreamento do leito do rio, já que nos oito anos anteriores à cheia de 2024 não houve alterações relevantes do leito.

A cheia de 2024 modificou o leito do rio, com aprofundamento em alguns locais, e redução da profundidade em outros. As maiores alterações superam os 5 metros, e ocorreram principalmente nas proximidades das cidades de Cruzeiro do Sul e Estrela. O leito do rio após a cheia de 2024 está, em média, 17 cm mais alto do que estava antes da cheia. Isto significa que houve uma tendência maior à deposição do que à erosão do leito do rio Taquari neste trecho, o que está de acordo com o esperado em um trecho de rio a montante de uma barragem.

As modificações do leito ocorridas entre 2024 (antes da cheia) e 2025 tem potencial de aumentar em 10 a 14 cm a cota máxima de uma cheia com características semelhantes a grande cheia de 2024. Este efeito é relativamente pequeno frente à magnitude da cheia na região, mas eventualmente pode ser cumulativo, se novas cheias de grande magnitude ocorrerem no futuro.

Nesse sentido, recomenda-se revisar os levantamentos batimétricos feitos no passado e realizar novos levantamentos batimétricos no futuro, em um trecho maior do rio Taquari e em outros rios do estado, especialmente nas regiões junto às cidades em que ocorrem inundações. Além disso, recomenda-se avaliar, através de modelagem hidrodinâmica, os locais e os volumes de dragagem necessários para eliminar ou atenuar o efeito de intensificação da cheia resultantes da modificação do leito que ocorreu durante a cheia de 2024.

Sumário

Sumário Executivo 2
1 Introdução 4
2 Metodologia 5
2.1 Dados utilizados 5
2.1.1 Levantamento AGROSIG 2016 6
2.1.2 Levantamento DNIT de março de 2024 8
2.1.3 Levantamento DNIT de março de 2025 8
2.2 Modelo hidrodinâmico 9
2.3 Cenários de comparação do leito 13
2.4 Cenários de modelagem hidrodinâmica 14
3 Resultados 14
3.1 Evolução do leito do rio entre 2016 e 2024 14
3.2 Evolução do leito do rio entre março de 2024 e março de 2025 18
3.3 Efeito da alteração do leito sobre o nível da água máximo na cheia 22
4 Conclusões 23
5 Recomendações 23
Referências 25

1 Introdução

O rio Taquari sofreu nos últimos dois anos (2023 e 2024) as duas maiores cheias da sua história, com impactos sobre vidas humanas e sobre a economia (Moraes et al., 2024; Collischonn et al., 2025). Nas discussões públicas, que ocorreram após estas cheias, o assoreamento do rio foi apontado como um dos fatores que contribuíram para intensificar as inundações (GZH, 2024), e o desassoreamento foi considerado, recentemente, como uma ação prioritária pelo comitê de bacia do rio Taquari-Antas (SEMA, 2024).

O assoreamento pode ser definido como a alteração da topografia do leito do rio pelo acúmulo de sedimentos transportados pelo rio. O assoreamento do leito de um rio ocorre quando a quantidade de sedimentos que chega a um determinado trecho é maior do que a quantidade de sedimentos que sai deste mesmo trecho. O fenômeno oposto ao assoreamento é a erosão do leito.

Em geral, os rios, no seu estado natural, mantêm um relativo equilíbrio entre a quantidade de sedimentos que chega e a quantidade de sedimentos que sai de um determinado trecho, o que tende a evitar que o assoreamento ou a erosão ocorram de forma generalizada, embora em pontos isolados os dois fenômenos possam ocorrer (Julien, 2018). Entretanto, quando o aporte de sedimentos (quantidade que chega a um trecho) aumenta muito, ou quando a descarga de sedimentos (quantidade de sedimentos que deixa um trecho) diminui muito, pode ocorrer o assoreamento. Por outro lado, quando o aporte diminui e a descarga de sedimentos aumenta, pode ocorrer a erosão de trechos relativamente longos do rio.

Modificações do leito do rio, ou do seu comportamento hidrodinâmico, como a retificação (corte de meandros), a ampliação da profundidade e da largura, ou a construção de barragens podem perturbar o equilíbrio entre aporte e descarga de sedimentos, levando ao assoreamento ou à erosão de trechos de um rio. Algumas regiões são naturalmente mais favoráveis à ocorrência de assoreamento, pois são ambientes naturais de deposição de sedimentos, como os deltas e os leques aluviais (Julien, 2018).

O assoreamento pode trazer impactos negativos para a economia uma porque pode prejudicar os usos da água, como a geração de energia e a navegação, e porque pode intensificar as inundações em áreas habitadas.

A melhor forma de identificar o assoreamento em um rio, e de estimar a sua magnitude e relevância, é através da comparação da topografia em dois momentos distintos no tempo (Miranda et al., 2013). Para isto são comparados resultados de levantamentos topográficos do leito do rio realizados em ao menos duas datas, separadas por alguns anos. A Figura 1 ilustra esse procedimento, com uma configuração inicial, de acordo com uma medição topográfica realizada numa data inicial, e duas situações de configuração final que poderiam ser obtidas em medição topográfica realizada em uma data posterior. No primeiro caso, o leito final do rio (linha contínua) está mais elevado do que era o leito original (linha tracejada), evidenciando que houve assoreamento. No segundo caso, o leito final do rio está abaixo do leito original, evidenciando que houve erosão do leito.

Além da comparação da topografia do leito em dois momentos distintos no tempo, uma forma adicional para estimar a importância das alterações do leito é a avaliação do seu efeito sobre o nível máximo de inundação durante as cheias. Isso pode ser realizado através da simulação utilizando modelos hidrodinâmicos.

Esta nota técnica apresenta uma análise das modificações do leito do rio Taquari e do seu impacto sobre as inundações, no trecho que se estende desde a ponte da BR-386, entre Estrela e Lajeado, até a barragem de Bom Retiro do Sul. Para esta análise foram utilizados dados de batimetria (topografia do leito do rio) obtidos pelo DNIT em dois momentos distintos, o primeiro em março de 2024 (antes da grande cheia de abril e maio de 2024), e o segundo levantamento feito em fevereiro e março de 2025 (depois da grande cheia). Além

disso, são realizadas comparações com um levantamento mais antigo, realizado em 2016, pela empresa AGROSIG.

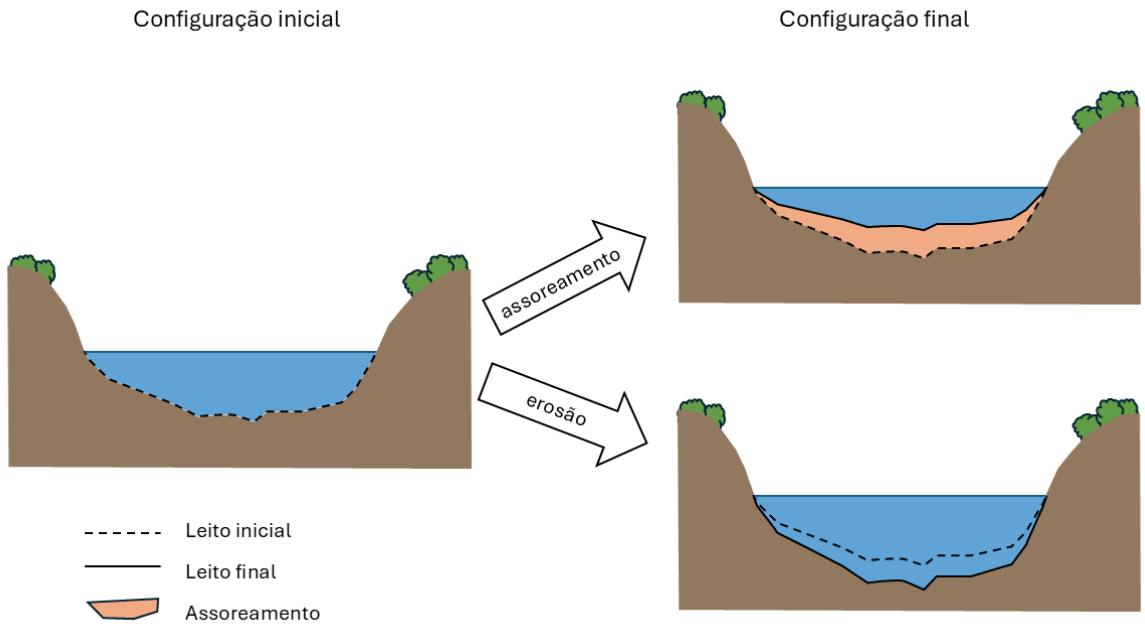

Figura 1: Exemplo esquemático do processo de identificação e mensuração do assoreamento ou erosão do leito de um rio através da comparação de dois levantamentos topográficos realizados em datas separadas por alguns anos.

As análises realizadas permitiram obter respostas para as seguintes perguntas:

- A cheia de 2024 foi causada ou intensificada por um processo generalizado de assoreamento do leito do rio Taquari?
- Onde ocorreram e qual foi a magnitude das maiores alterações da topografia do leito do rio durante a cheia de 2024?
- Qual é o potencial impacto das modificações do leito que ocorreram durante a cheia de 2024 sobre os níveis máximos de cheias que ocorrerão no futuro?

2 Metodologia

A metodologia adotada para avaliar as modificações do leito do rio Taquari e seu impacto sobre as inundações consistiu em duas etapas. Na primeira etapa foram realizadas comparações diretas entre a topografia do leito em levantamentos realizados em datas distintas, na forma demonstrada esquematicamente na Figura 1. Na segunda etapa foi aplicado um modelo hidrodinâmico para avaliar o impacto da modificação da topografia do leito sobre os níveis máximos atingidos pela água nas cidades do Vale do Taquari durante a cheia de 2024 e em cheias menores.

2.1 Dados utilizados

Foram utilizados dados de três levantamentos de batimetria (topografia do leito do rio). O primeiro levantamento, denominado aqui de AGROSIG 2016, foi realizado entre o final de 2015 e o início de 2016, pela empresa Agrosig, contratada em um projeto de pesquisa conduzido pelo CEPED UFRGS.

O segundo e o terceiro levantamentos foram realizados pelo DNIT. O segundo levantamento foi realizado em março de 2024, e o terceiro levantamento em março de 2025, e são denominados aqui DNIT 2024 e DNIT 2025, respectivamente. Os três levantamentos são descritos mais detalhadamente nos próximos itens.

2.1.1 Levantamento AGROSIG 2016

O levantamento AGROSIG 2016 foi realizado nos meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016. Ao todo foram medidas 35 seções transversais ao longo do trecho entre Encantado e Bom Retiro do Sul, que tem, aproximadamente, 70 km de extensão, resultando, portanto, em um espaçamento médio de 2 km entre seções transversais (AGROSIG, 2016).

No levantamento AGROSIG 2016 foram realizadas medições da parte emersa e imersa das seções transversais, utilizando GPS, estação total e ecobatímetro. A Figura 2 apresenta um exemplo de seção transversal do rio Taquari obtida durante o levantamento AGROSIG 2016.

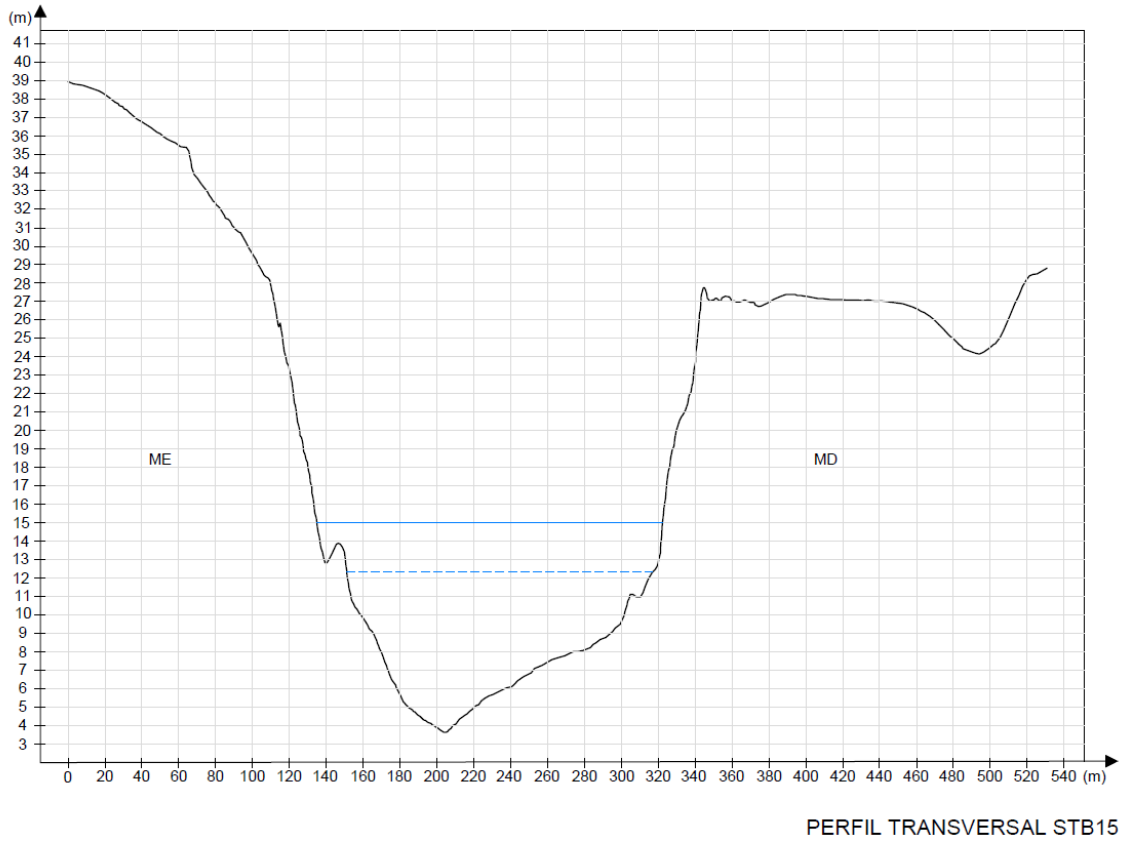

Figura 2: Exemplo de uma seção transversal do rio Taquari medida no trabalho de AGROSIG 2016 (as distâncias horizontais são medidas em metros a partir de um referencial arbitrário, as distâncias verticais são altitudes ortométricas).

Das 35 seções transversais do rio Taquari obtidas durante o levantamento AGROSIG 2016, onze estão localizadas no trecho entre a ponte da BR-386 (entre Lajeado e Estrela) e a barragem de Bom Retiro do Sul, onde também estão disponíveis os dados levantados pelo DNIT, descritos nos próximos itens. Estas onze seções são especialmente interessantes porque permitem fazer uma comparação da evolução do leito do rio entre 2016 e 2024. Por este motivo, as informações de localização destas onze seções transversais estão apresentadas na Figura 3 e na Tabela 1.

Tabela 1: Seções transversais do levantamento AGROSIG 2016 em que foram realizadas as comparações com o levantamento DNIT 2024 (as coordenadas indicam um ponto de referência de cada seção no sistema WGS 84 / UTM zone 22S).

Seção	Longitude (m)	Latitude (m)	Descrição do local
STB-02	408799	6723756	260 m a montante da barragem de Bom Retiro do Sul
STB-03	403837	6725976	Junto à localidade de São Miguel em Cruzeiro do Sul
STB-04	404477	6728868	3,7 km a jusante da foz do Arroio Sampaio
STB-05	405503	6732301	150 m a jusante da foz do Arroio Sampaio
STB-06	404836	6734708	Em frente ao centro de Cruzeiro do Sul
STB-07	405880	6736147	Em frente ao centro histórico de Estrela
STB-08	405490	6737129	Próximo ao limite entre Lajeado e Cruzeiro do Sul
STB-09	405937	6739030	60 m a jusante da foz do Arroio Saraquá
STB-10	407171	6739495	50 m a jusante da foz do Arroio Boa Vista
STB-11a	407499	6739610	20 m a jusante da ponte da BR-386
STB-11b	407566	6739635	20 m a montante da ponte da BR-386

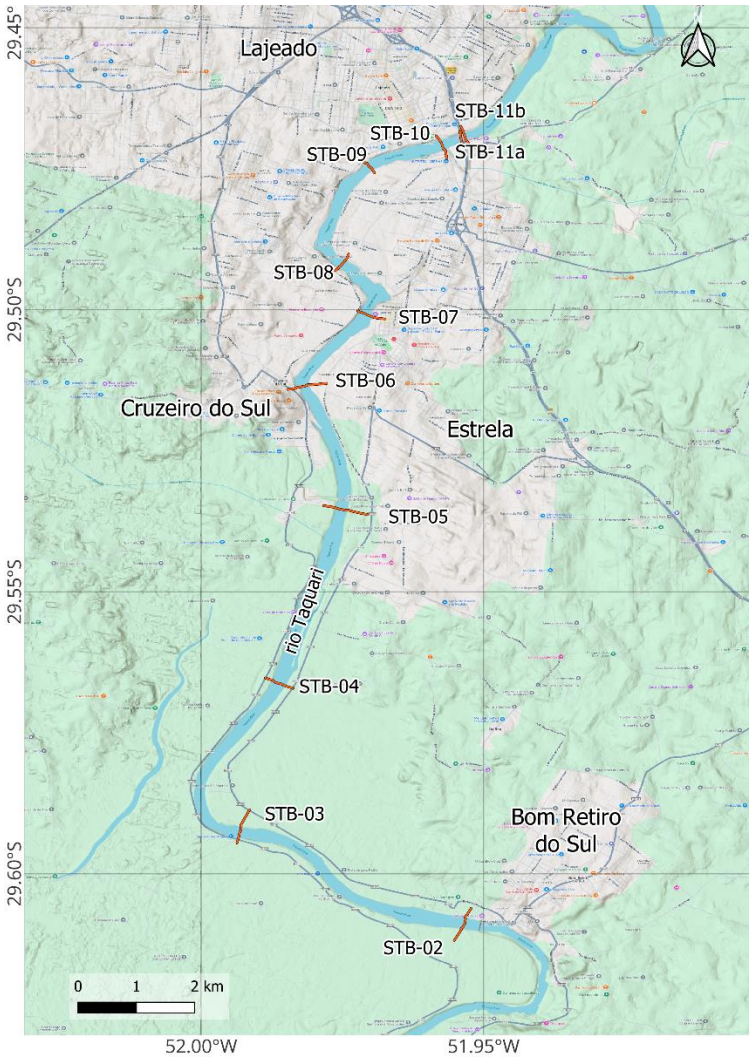

Figura 3: Trecho do rio Taquari entre a ponte da BR-386 e a barragem de Bom Retiro do Sul, com a indicação da localização das 11 seções transversais do levantamento AGROSIG 2016 situadas neste trecho.

2.1.2 Levantamento DNIT de março de 2024

O levantamento DNIT2024 foi realizado entre os dias 05 e 27 de março de 2024, portanto após as cheias de setembro e novembro de 2023 no rio Taquari (Moraes et al., 2024), e antes da cheia de abril e maio de 2024.

As medições foram realizadas com um ecobatímetro instalado em uma pequena embarcação, que percorreu o rio Taquari entre a ponte da BR-386 e a barragem de Bom Retiro do Sul.

A profundidade foi medida em pontos espaçados entre si por, aproximadamente, 60 cm, em seções transversais espaçadas entre si por, aproximadamente, 20 m. Além das seções transversais, foram realizadas medições ao longo de três linhas percorrendo o rio longitudinalmente, ao longo do canal de navegação, que tem 30 metros de largura na sua base (Ayub et al., 2023). O espaçamento entre pontos ao longo destas linhas também foi de, aproximadamente, 60 cm. Como resultado deste levantamento foram gerados mapas com, aproximadamente, 430 mil pontos de profundidade medida.

Os valores de profundidade informados no levantamento DNIT2024 são referenciados a um nível de redução (NR), que é uma condição de nível da água numa situação em que a vazão do rio é relativamente baixa. Tipicamente, o nível de redução adotado pela Marinha corresponde ao percentil 10, ou seja, o nível garantido em 90% do tempo.

As profundidades informadas no levantamento DNIT2024 foram transformadas em altitudes ortométricas considerando que o nível de redução é igual a 13 metros em toda a extensão do trecho, pois todo o trecho está no remanso da barragem de Bom Retiro do Sul, que opera mantendo o nível da água nesta cota.

O levantamento DNIT2024 teve foco na navegação, e, portanto, se concentrou em obter dados da parte submersa do leito do rio, e não incluiu as margens. Para complementar a informação do levantamento do DNIT 2024 as margens do rio Taquari foram digitalizadas manualmente sobre uma imagem de satélite obtida em uma data em que o nível da água medido na régua em Estrela/Lajeado coincidia com a cota adotada na definição do Nível de Redução.

Nas margens digitalizadas foram definidos pontos espaçados de 20 em 20 m, aos quais foi atribuída a profundidade zero, totalizando cerca de 3000 pontos.

Os pontos do levantamento batimétrico foram combinados com os pontos digitalizados das margens, e o conjunto final de pontos foi utilizado para obter um Modelo Digital de Terreno do leito do rio, na forma de uma grade regular, com resolução espacial de 2 m. O método de interpolação adotado foi o Triangular Irregular Network (TIN) no software QGIS. A técnica TIN está descrita em diversos livros básicos de Sistemas de Informação Geográfica (Goodchild et al., 2005, Paz, 2024), e foi usada por diversos autores na elaboração de MDT do leito de rios e reservatórios (Merwade et al., 2008; Miranda et al., 2013; Lopes et al., 2013).

Cabe salientar que o MDT obtido por interpolação dos dados DNIT2024 restringe-se à área submersa quando o rio Taquari está operando na situação normal (cota 13 metros). A parte emersa, como as margens e a planície de inundação, não estão presentes no levantamento DNIT 2024.

2.1.3 Levantamento DNIT de março de 2025

O levantamento DNIT2025 ocorreu exatamente um ano após o levantamento DNIT2024, em março de 2025. Isto significa que o levantamento DNIT2025 foi realizado cerca de 10 meses após a cheia de abril e maio de 2024, que é a maior cheia já observada na região (Collischonn et al., 2025).

O procedimento do levantamento DNIT2025 foi semelhante ao do DNIT2024, que está descrito no item anterior. A principal diferença foi a densidade de pontos medidos. No levantamento DNIT2025 a

profundidade do rio foi medida em cerca de 26.000 pontos, o que é muito menos do que os 430.000 pontos medidos no levantamento DNIT2024. Mesmo assim, o levantamento DNIT2025 pode ser considerado suficiente para a análise comparativa.

Os passos de processamento dos dados do levantamento DNIT2025 foram semelhantes aos relatados no item anterior. O resultado final foi um MDT com as altitudes ortométricas do leito do rio em toda a parte submersa, no trecho entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul.

2.2 Modelo hidrodinâmico

Para analisar o efeito das modificações do leito do rio Taquari sobre os níveis máximos da água durante as cheias foi utilizado o modelo hidrodinâmico HEC-RAS.

O modelo HEC-RAS é um modelo hidrodinâmico desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE), e que é amplamente utilizado na prática da engenharia hidráulica em diversos países. O modelo pode representar o escoamento em rios, lagos e canais de forma unidimensional ou bidimensional. No presente estudo o modelo HEC-RAS foi aplicado utilizando a abordagem bidimensional.

A região considerada na simulação consiste do rio Taquari desde a cidade de Arroio do Meio até a ponte da rodovia RSC 287, na localidade de Mariante. Também foi incluído um curto trecho do rio Forqueta.

Para caracterizar a topografia do entorno do rio foram utilizados dados de três bases diferentes, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Bases de dados de topografia no entorno do rio Taquari utilizados nas simulações com o modelo HEC-RAS.

Base	Resolução espacial (m)	Fonte
MDT do município de Lajeado	1,1	Prefeitura de Lajeado
MDT do município de Estrela	2,5	SGB
ANADEM	30	Laipelt et al. (2024)

Para caracterizar a topografia do leito do rio foram utilizados os levantamentos DNIT2024 e DNIT2025, interpolados na forma de um MDT, conforme descrito antes.

Nos trechos do rio Taquari não cobertos pelos levantamentos do DNIT, localizados a montante da ponte da BR 386, e a jusante da barragem de Bom Retiro do Sul, a topografia do leito do rio Taquari foi representada de forma simplificada, utilizando como base inicial algumas seções transversais do levantamento AGROSIG2016.

A região a ser simulada foi dividida em células de 120 x 120 metros na planície e 40 x 40 metros no leito menor do rio. Em algumas regiões da planície em que a velocidade da água se revelou muito alta em simulações preliminares foi adotado um refinamento da discretização, chegando a 60 x 60 metros. A Figura 4 apresenta um detalhe da discretização espacial adotada.

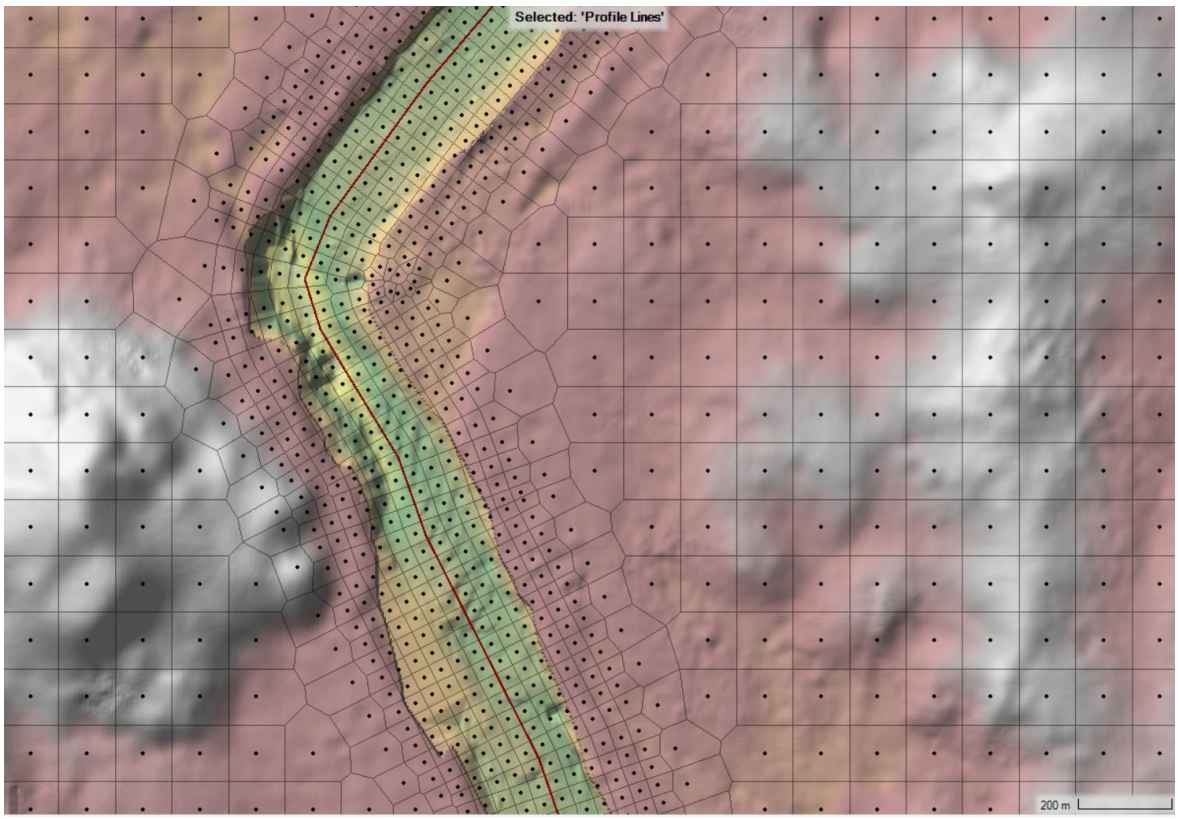

Figura 4: Detalhe da discretização do modelo HEC-RAS 2D com células quadradas de 40 m no leito menor do rio, e células quadradas de 120 m na planície de inundação.

Como condições de contorno de montante foram definidos hidrogramas de vazão no rio Taquari em Arroio do Meio e no rio Forqueta em um ponto cerca de 2 km a montante da foz. Os hidrogramas considerados na simulação foram obtidos através de simulações hidrológicas utilizando o modelo hidrológico MGB desenvolvido no contexto do Grupo Técnico de Assessoramento da ANA (ANA, 2025; Paiva et al., 2025)

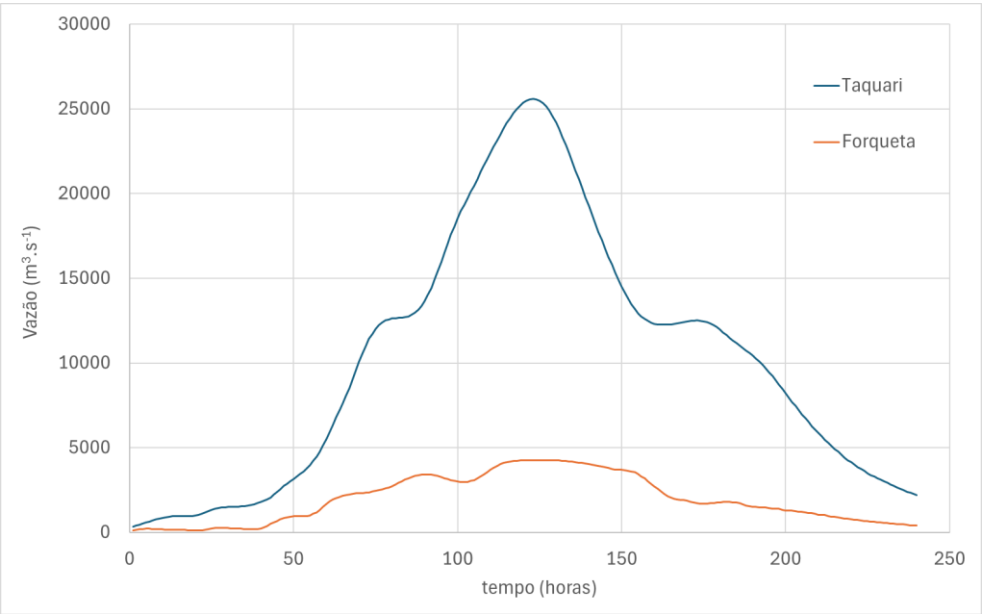

Figura 5: Hidrogramas nos rios Taquari (em Arroio do Meio) e Forqueta (2 km a montante da foz) utilizados como condição de contorno de montante no modelo HEC-RAS 2D.

Como condição de contorno de jusante foi adotada uma relação entre cota e descarga nas imediações do posto fluviométrico de Mariante. A relação foi gerada extrapolando algumas medições simultâneas de vazão e cota disponíveis neste posto fluviométrico na base de dados Hidroweb. A Figura 6 ilustra a relação entre cota e vazão adotada como condição de contorno de jusante.

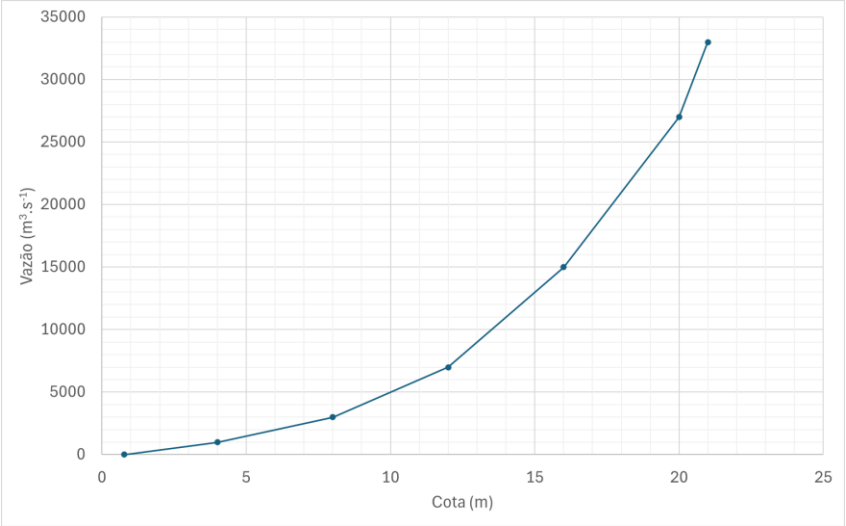

Figura 6: Relação entre cota e vazão adotada como condição de contorno no rio Taquari junto à ponte da rodovia RSC 287.

O método de solução adotado no modelo HEC-RAS 2D foi o denominado SWE-ELM, que usa as equações de águas rasas com uma solução mista euleriana-lagrangeana.

O modelo foi calibrado de forma a reproduzir as cotas máximas atingidas em marcas de cheias identificadas e niveladas por Marcuzzo et al. (2025) em diferentes pontos nos municípios de Lajeado, Estrela e Bom Retiro do Sul. Além disso, o modelo foi calibrado de forma a reproduzir satisfatoriamente a relação entre vazão e cota no posto fluviométrico 86879300, localizado entre o centro histórico de Lajeado e o porto fluvial de Estrela. O valor final adotado para o coeficiente n de Manning está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Valores do coeficiente n de Manning adotados após a calibração do modelo.

Região	Valor de n
Leito menor do rio	0,031
Planície	0,15

A Figura 7 apresenta o resultado da relação entre cota e vazão obtida com o modelo hidrodinâmico no posto fluviométrico 86879300, em comparação aos valores medidos.

A Figura 8 apresenta o mapa do contorno da área inundada no pico da cheia de maio de 2024 frente aos pontos de marcas de cheia identificados por Marcuzzo et al. (2024). Observa-se que o contorno da área inundada obtida através da simulação hidrodinâmica com o modelo HEC-RAS coincide com a localização das marcas de cheia mapeadas. Procedimento semelhante foi repetido considerando marcas das cheias de 2020 e 2023.

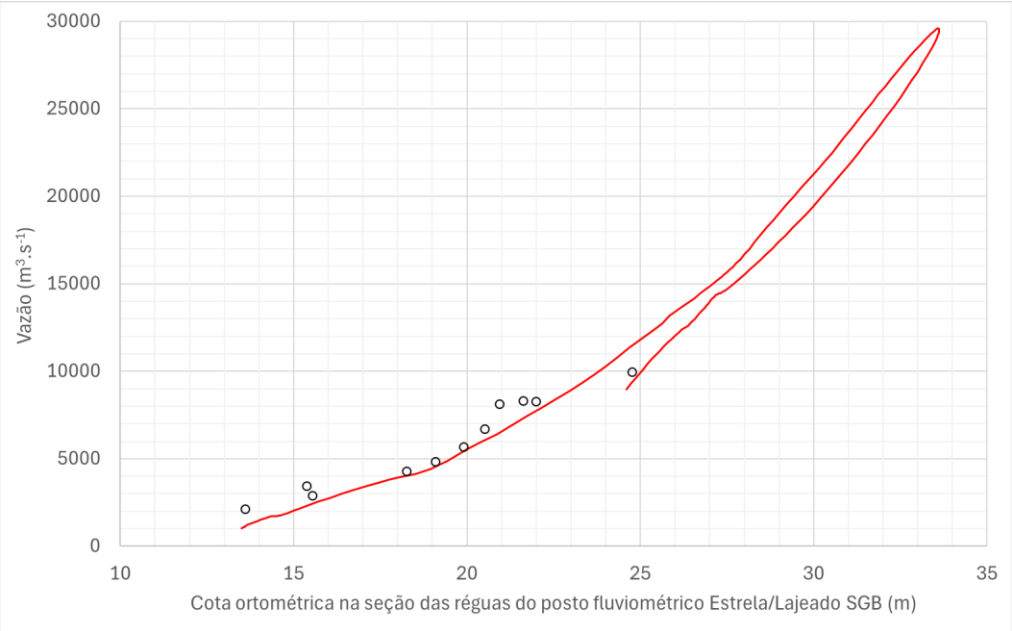

Figura 7: Comparação entre a relação entre cota e vazão calculada no modelo HEC-RAS e os dados de medições simultâneas de cota e vazão no posto fluviométrico 86879300.

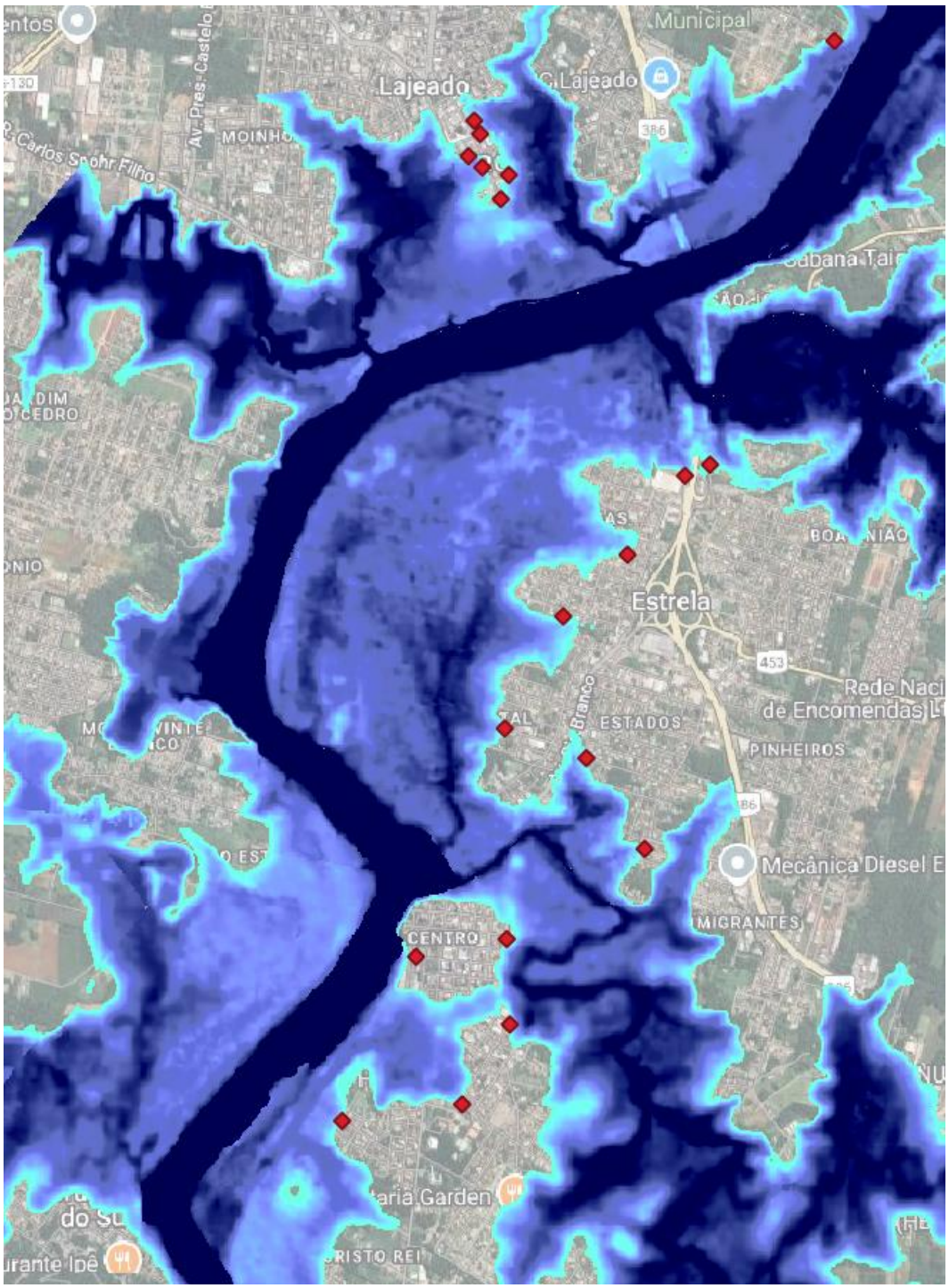

Figura 8: Mapa de contorno da área inundada durante o pico da cheia de 2024 obtido através de simulação hidrodinâmica com o modelo HEC-RAS comparado com as marcas de cheia (pontos vermelhos) obtidas no levantamento de Marcuzzo et al. (2025).

2.3 Cenários de comparação do leito

Foram realizadas duas comparações de evolução do leito. A primeira comparação foi realizada entre a batimetria AGROSIG2016 e a batimetria DNIT2024. A segunda comparação foi realizada entre as batimetrias DNIT2024 e DNIT2025.

A avaliação da evolução do leito do rio Taquari no período entre 2016 e março de 2024 foi realizada nos locais em que há seções transversais do levantamento AGROSIG2016. Nesses locais também foram gerados perfis de elevação a partir do MDT gerado interpolando os dados do levantamento DNIT2024.

A avaliação da evolução do leito do rio Taquari no período entre março de 2024 e março de 2025 foi realizada calculando a diferença entre os dois MDT (DNIT2024 e DNIT2025). Isso permitiu analisar mais detalhadamente as zonas de erosão e de deposição ao longo do período.

2.4 Cenários de modelagem hidrodinâmica

Para avaliar a relevância das alterações do leito em termos do seu efeito sobre o nível máximo de inundação durante as cheias foram realizadas duas simulações com o modelo HEC-RAS. Na primeira simulação foi utilizada a batimetria DNIT2024, e na segunda foi utilizada a batimetria DNIT2025. Nos dois casos foram obtidas as cotas máximas do nível da água durante uma cheia com as características da cheia de 2024. A partir destes resultados foi possível calcular a diferença de cotas máximas resultante da alteração do leito.

3 Resultados

3.1 Evolução do leito do rio entre 2016 e 2024

A avaliação da evolução do leito do rio Taquari no período entre 2016 e março de 2024 foi avaliada nas 11 seções transversais do levantamento AGROSIG2016.
A diferença entre as seções transversais dos levantamentos de 2016 e 2024 foi avaliada de forma visual, utilizando gráficos. As próximas figuras (Figura 9 a Figura 19) apresentam as seções transversais dos levantamentos AGROSIG2016 e DNIT2024 no rio Taquari, no trecho entre a ponte da BR-386 e a barragem de Bom Retiro do Sul.

Observa-se que não existe um padrão único de assoreamento ou de erosão nas seções onde foi realizada a comparação. A Figura 9 mostra que na seção transversal STB-02, que está localizada 260 m a montante da barragem de Bom Retiro do Sul, o leito do rio no levantamento realizado em 2016 está aproximadamente um metro mais elevado do que no levantamento de 2024, sugerindo que ocorreu um processo de erosão nesta parte do rio. Já na seção STB-03, apresentada na Figura 10, parece ter ocorrido um processo de assoreamento parcial, já que o leito em 2024 está um pouco mais elevado do que o de 2016 em uma parte da largura do rio.

As demais figuras desta comparação mostram que o leito do rio é praticamente coincidente, apenas com pequenas alterações que parecem ser aleatórias, já que não há um padrão evidente de assoreamento, ou de erosão.

Caso a maioria das seções transversais mostrasse o leito em 2024 acima do leito em 2016 seria possível concluir que teria havido, ao longo desses 8 anos, um processo claro de assoreamento neste trecho do rio Taquari. Por outro lado, caso as seções mostrassem, em sua maioria, o leito de 2024 abaixo do leito de 2016, seria possível concluir que teria ocorrido um processo de erosão. Como as figuras não mostram uma tendência clara, nem de elevação nem de rebaixamento do leito, é possível concluir que o rio Taquari permaneceu relativamente estável ao longo do período de oito anos que antecedeu a grande cheia de 2024. Isso significa que não há evidências de que um processo generalizado de assoreamento do leito do rio Taquari entre Lajeado e a barragem de Bom Retiro do Sul tenha sido um fator causador, ou intensificador, da inundação que ocorreu durante a cheia de 2024.

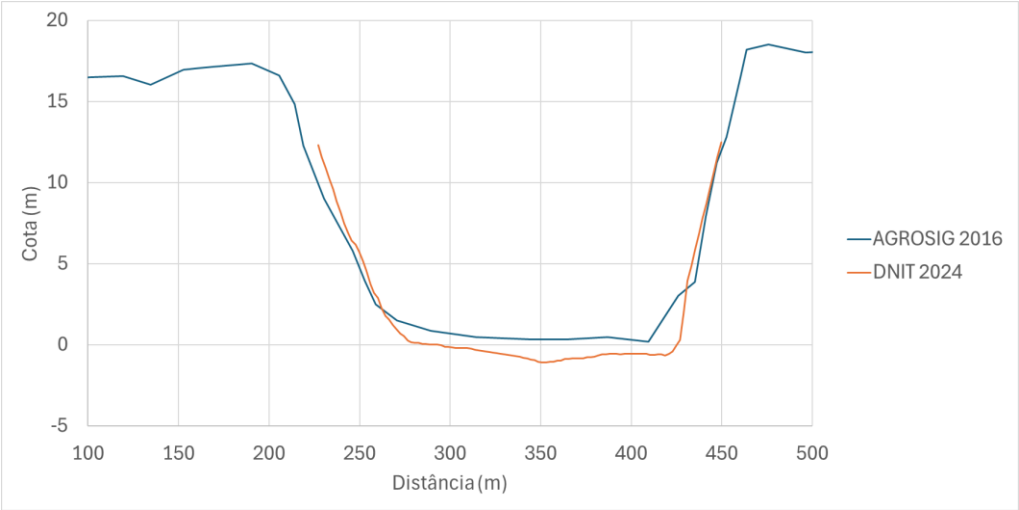

Figura 9: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-02 (260 m a montante da barragem de Bom Retiro do Sul).

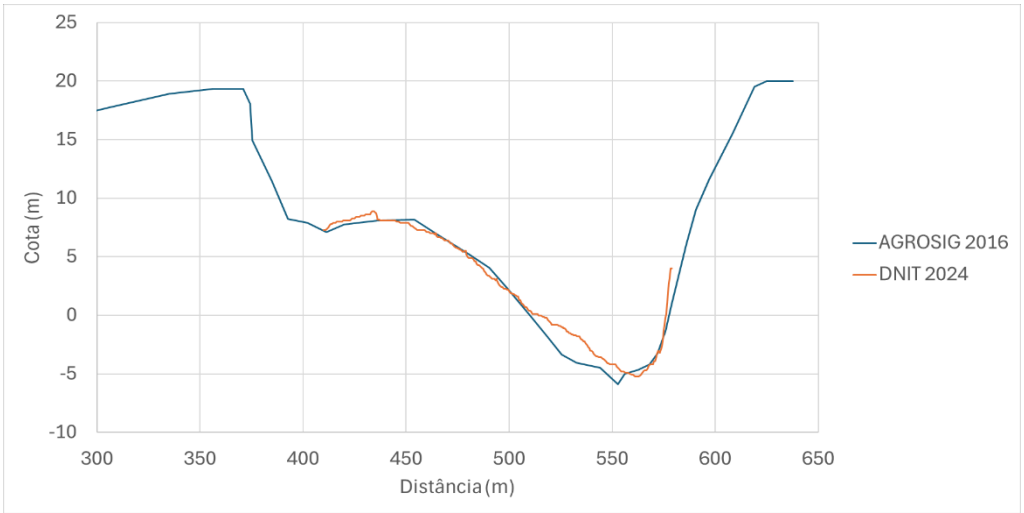

Figura 10: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-03 (junto à localidade de São Miguel em Cruzeiro do Sul).

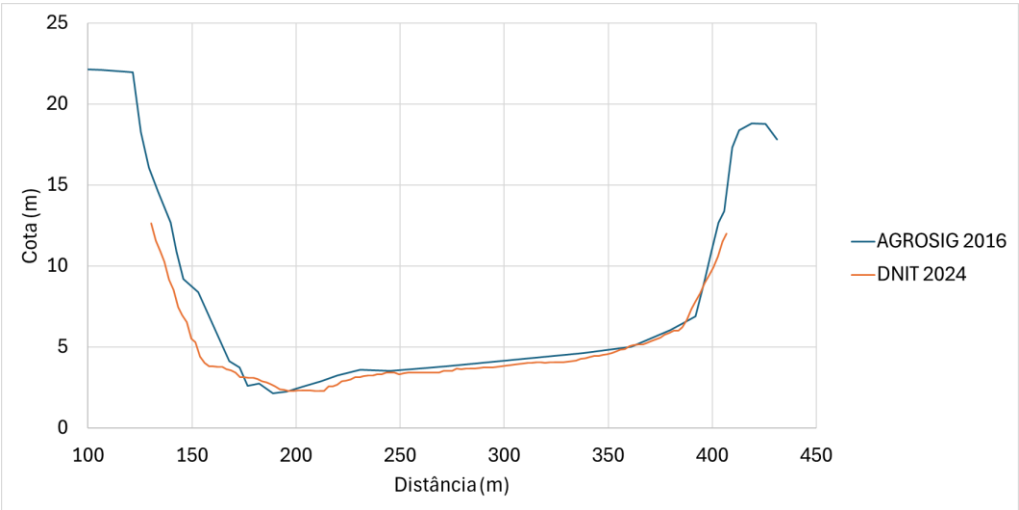

Figura 11: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-04 (3,7 km a jusante da foz do Arroio Sampaio).

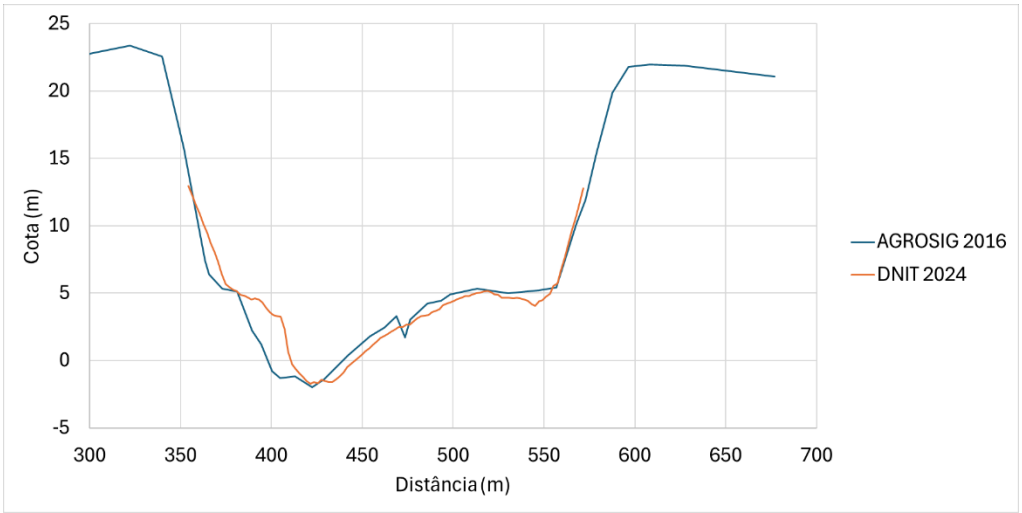

Figura 12: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-05 (150 m a jusante da foz do Arroio Sampaio).

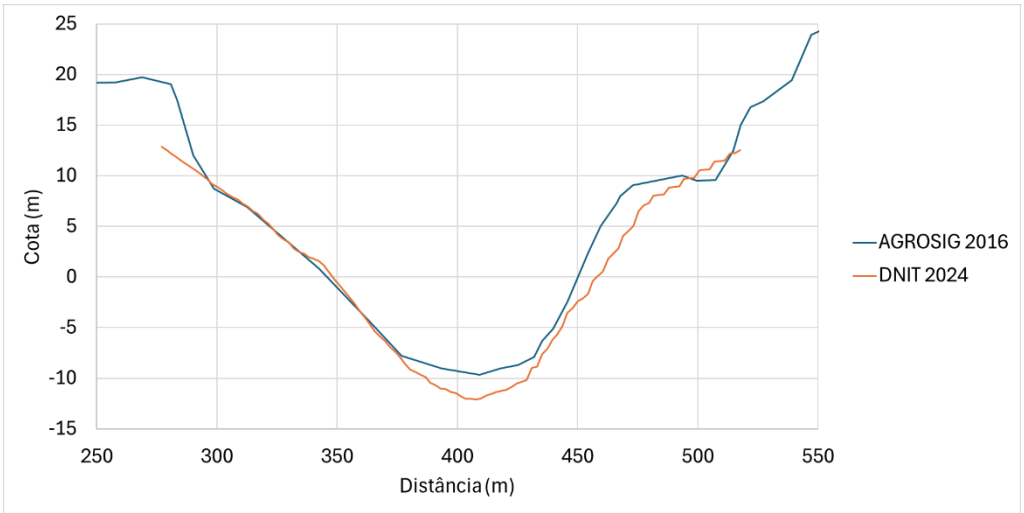

Figura 13: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-06 (Em frente ao centro de Cruzeiro do Sul).

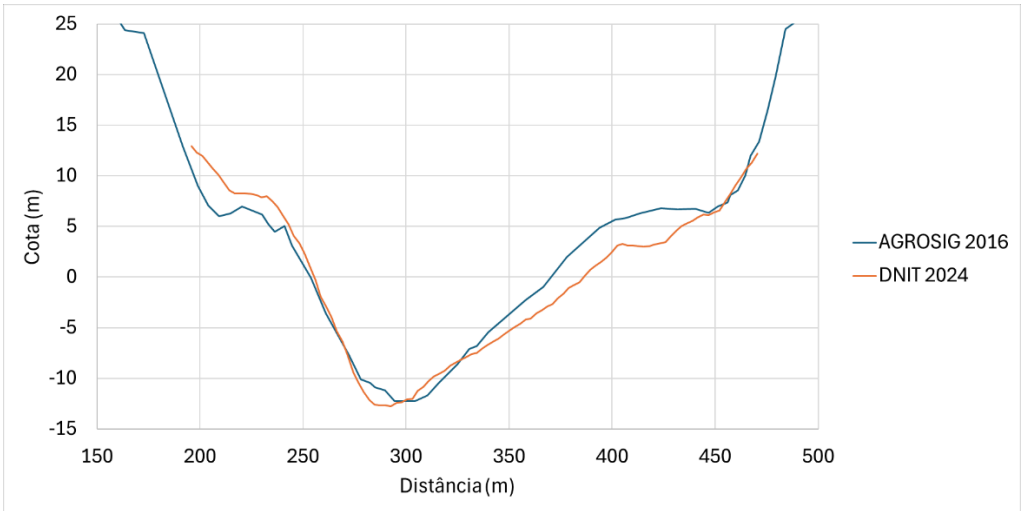

Figura 14: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-07 (Em frente ao centro histórico de Estrela).

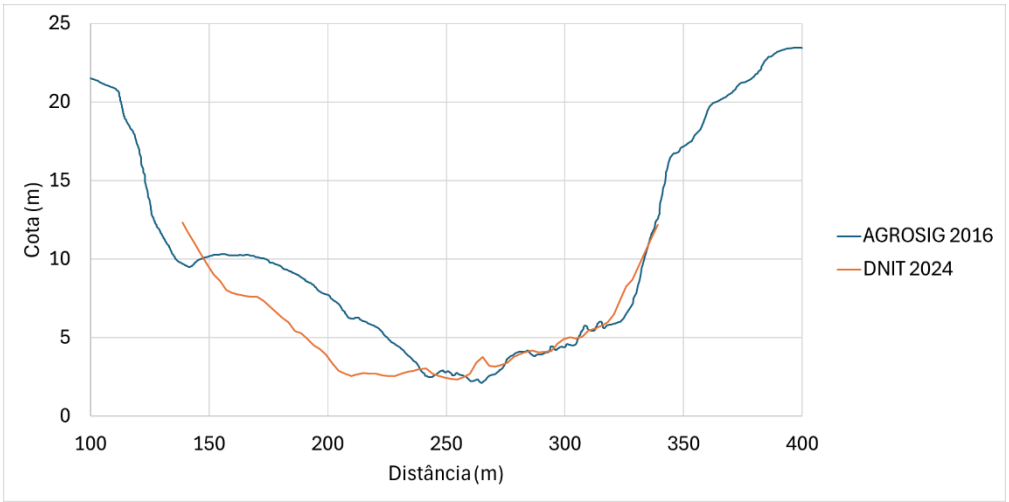

Figura 15: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-08 (Próximo ao limite entre Lajeado e Cruzeiro do Sul).

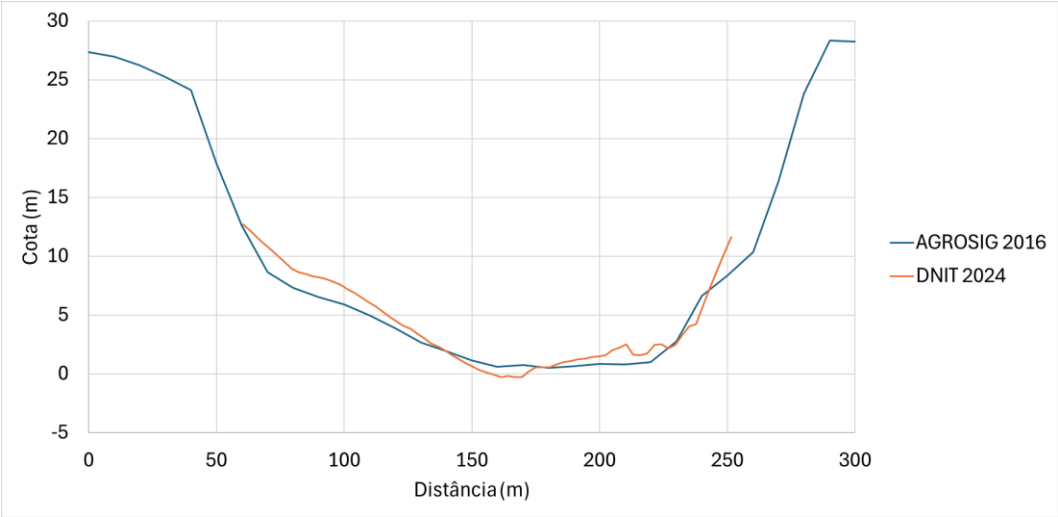

Figura 16: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-09 (60 m a jusante da foz do Arroio Saraquá).

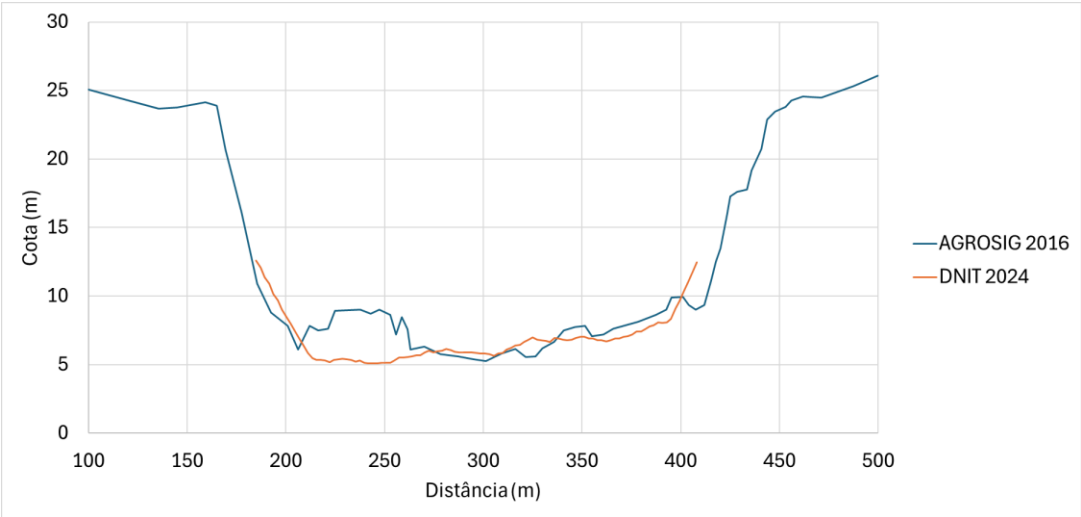

Figura 17: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-10 (50 m a jusante da foz do Arroio Boa Vista).

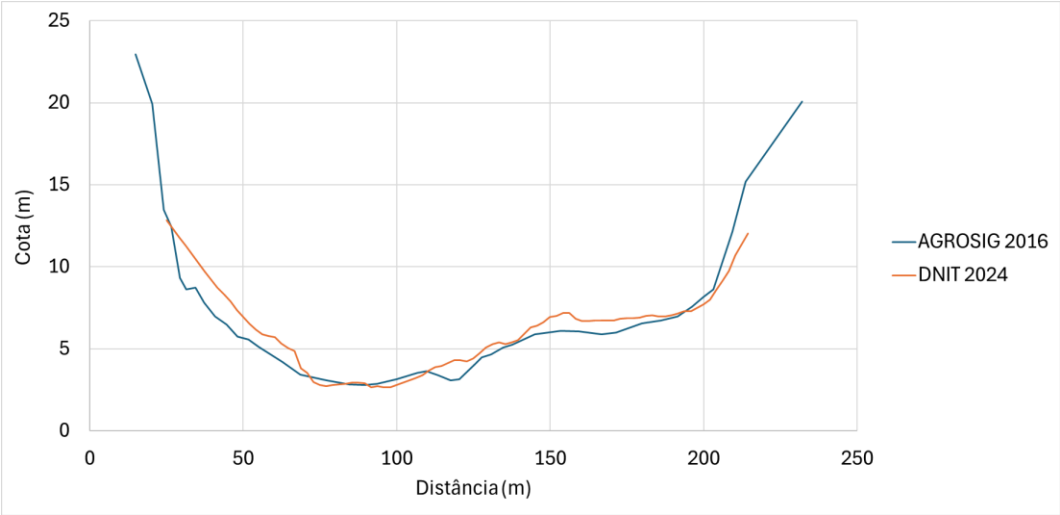

Figura 18: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-11a (20 m a jusante da ponte da BR-386).

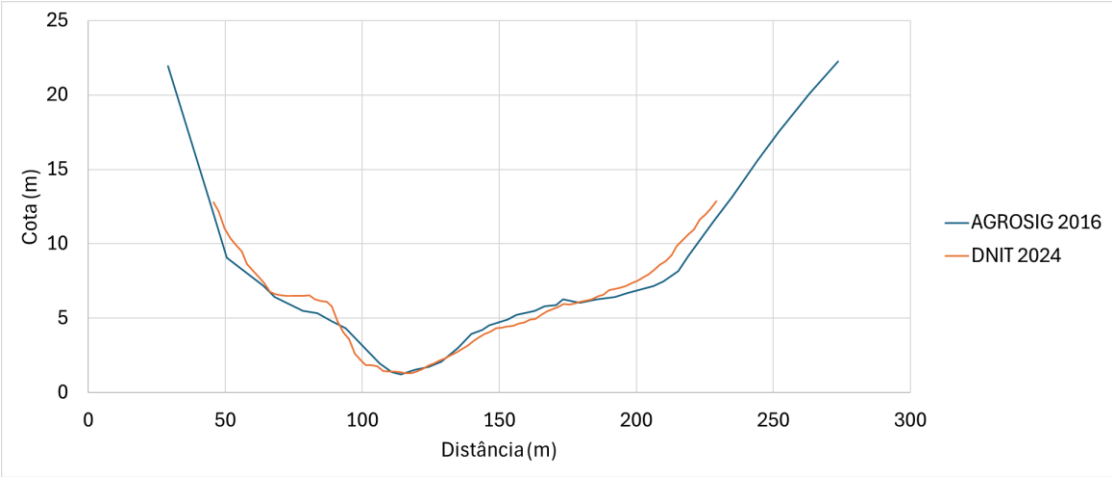

Figura 19: Comparação do leito do rio Taquari nos levantamentos de 2016 e 2024 na seção transversal STB-11b (20 m a montante da ponte da BR-386).

3.2 Evolução do leito do rio entre março de 2024 e março de 2025

A análise da evolução do leito entre março de 2024 e março de 2025 foi realizada comparando o MDT gerado com base na batimetria DNIT2024 com o MDT gerado com base na batimetria DNIT2025. A Figura 20 apresenta os dois MDT, mostrando que as partes mais profundas (tons de azul) do rio normalmente estão localizadas junto às curvas, e as partes mais rasas (tons de vermelho) estão localizadas nos trechos retos ou logo à jusante das curvas.

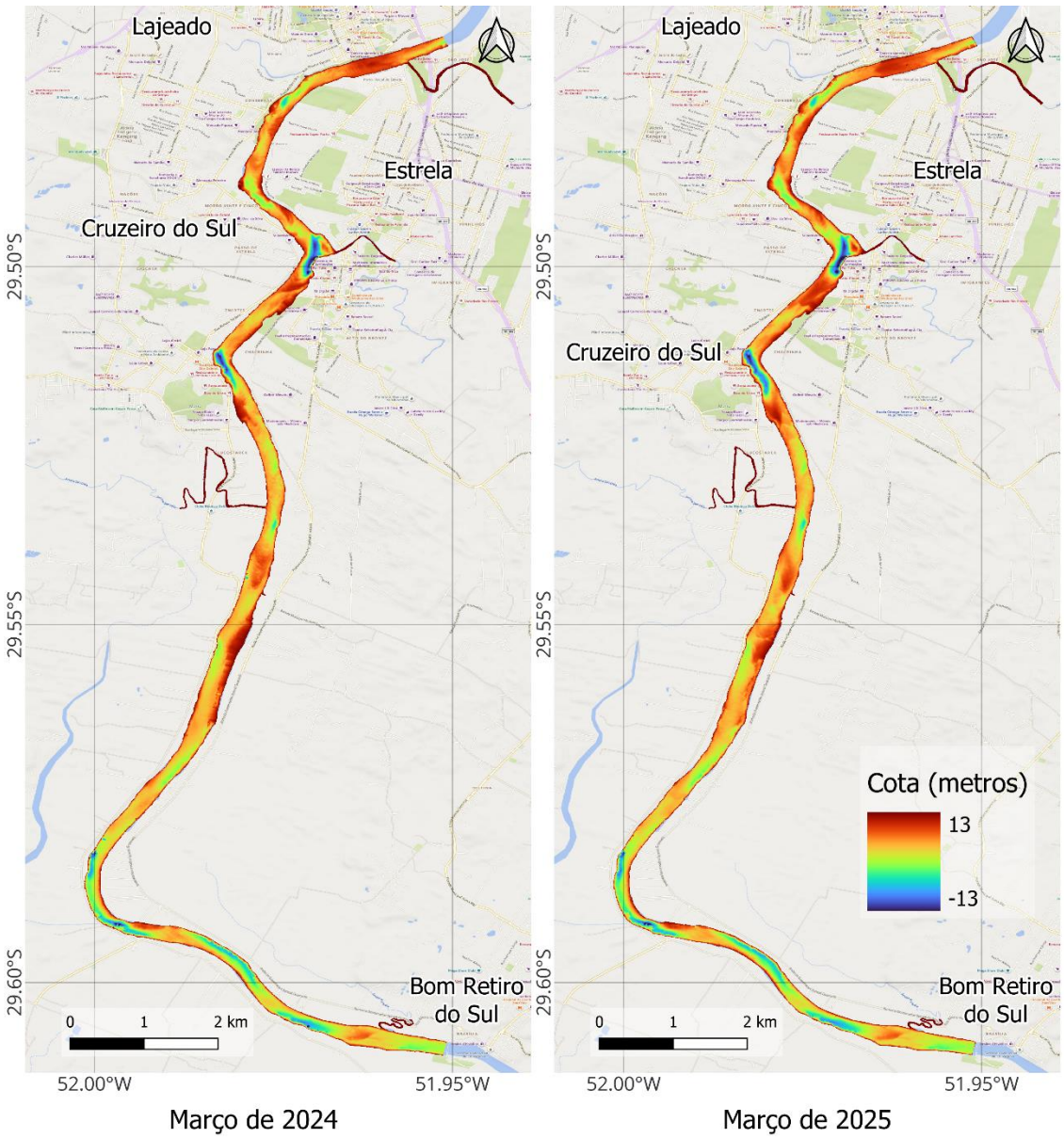

Figura 20: MDT do leito do rio Taquari entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul em março de 2024 (antes da grande cheia de 2024) e em março de 2025 (depois da cheia).

A diferença entre os dois MDT, apresentada na Figura 21, mostra que no período de um ano, entre março de 2024 e março de 2025, ocorreram diversas mudanças no leito do rio Taquari, tanto de erosão como assoreamento.

Esta figura mostra que as maiores alterações do leito ocorreram no trecho localizado entre Estrela e Cruzeiro do Sul. Já na região próxima à barragem de Bom Retiro do Sul as alterações do leito foram menos importantes.

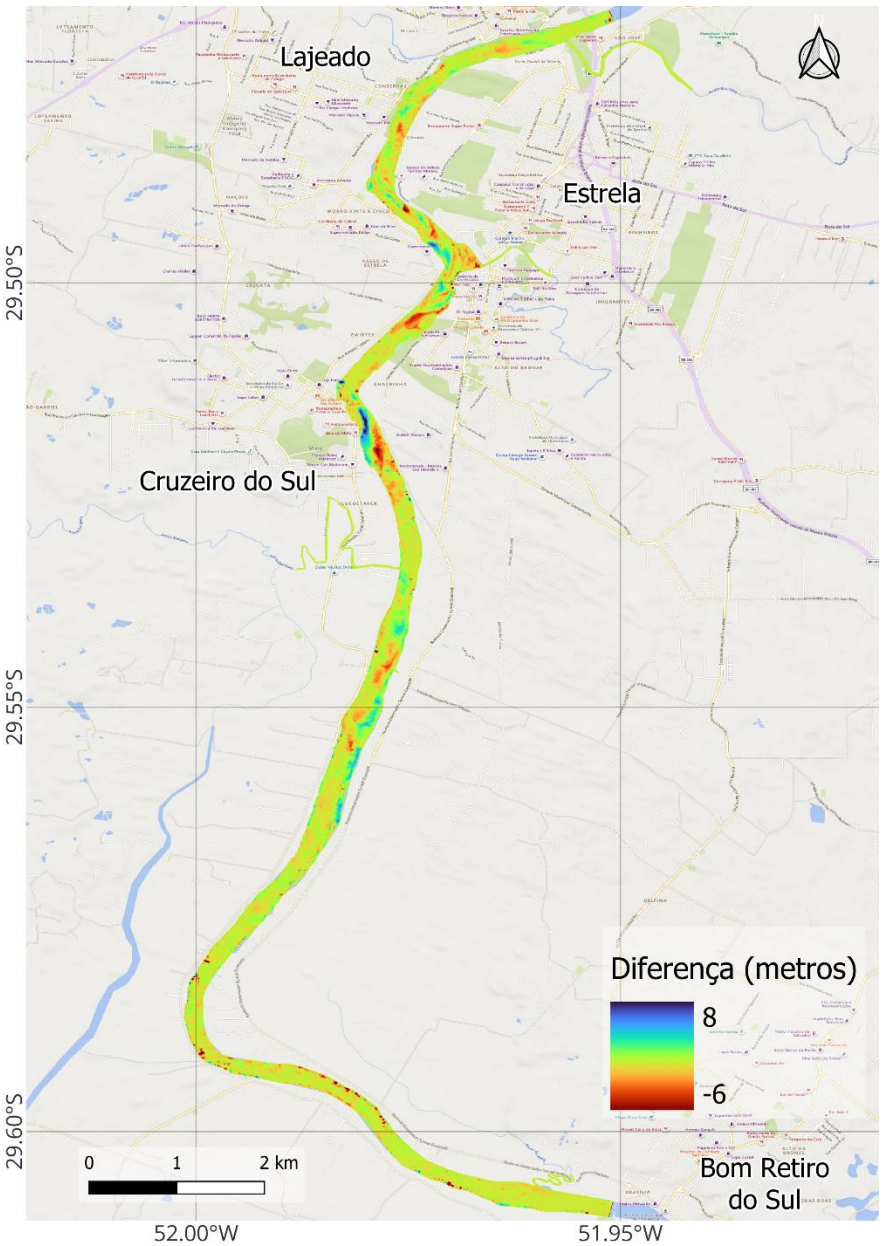

Figura 21: Diferenças entre os MDT do leito do rio Taquari de março de 2024 (antes da grande cheia de 2024) e de março de 2025 (depois da cheia), mostrando zonas de erosão (tons de azul), zonas de deposição (tons de vermelho) e zonas de pouca ou nenhuma alteração (verde).

Um detalhe da comparação do leito de março de 2024 com o de março de 2025 está apresentado na Figura 22, destacando o trecho do rio Taquari entre o centro de Estrela e o centro de Cruzeiro do Sul. Nesta figura, os tons de azul mais intenso identificam partes do leito que tiveram erosão de mais de 5 metros, e os tons de vermelho mais escuro identificam zonas em houve mais de 5 metros de deposição no leito.

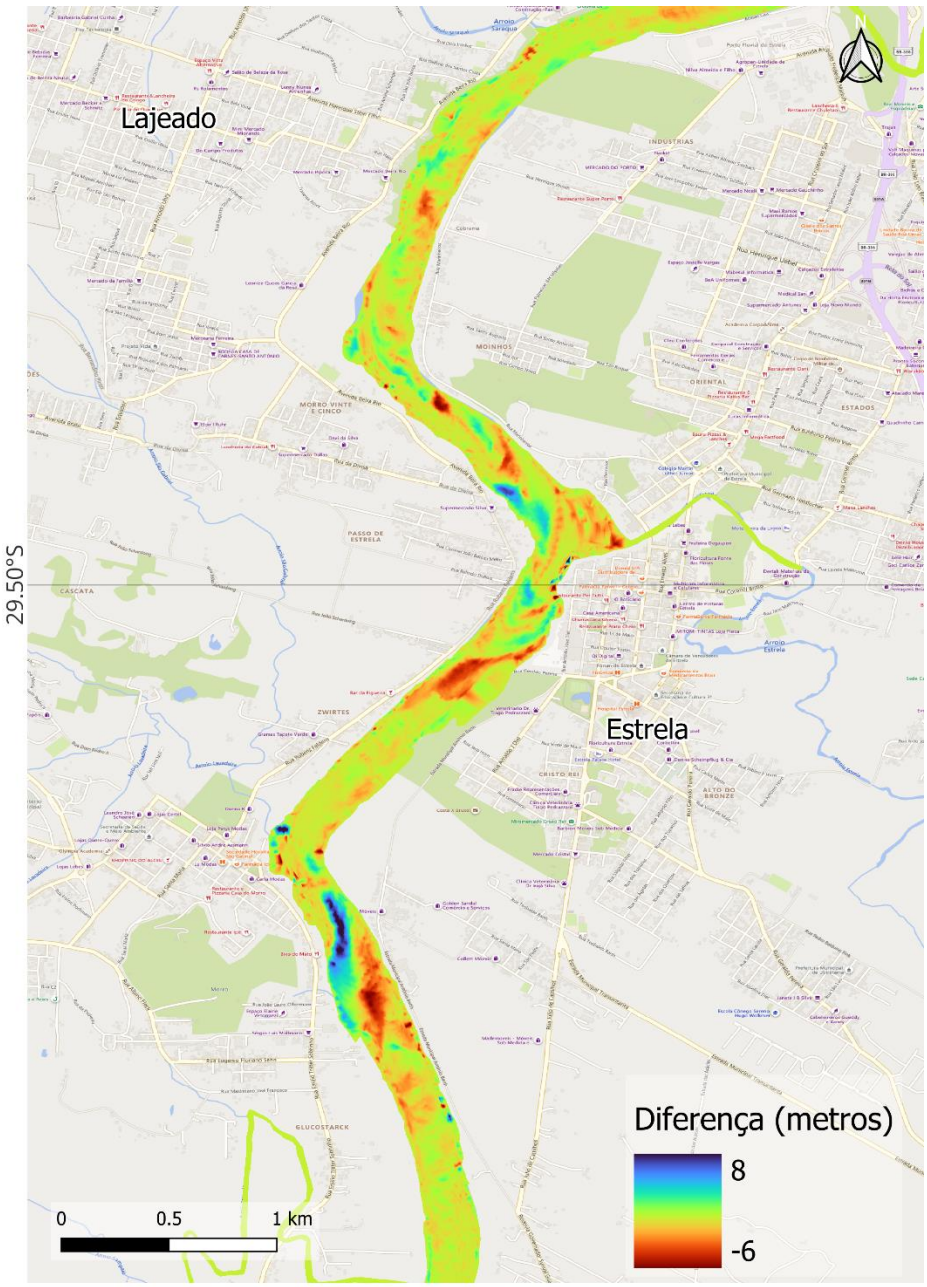

Figura 22: Detalhe das diferenças entre os MDT do leito do rio Taquari de março de 2024 (antes da grande cheia de 2024) e de março de 2025 (depois da cheia), no trecho entre Estrela e Cruzeiro do Sul, mostrando zonas de erosão (tons de azul), zonas de deposição (tons de vermelho) e zonas de pouca alteração (verde).

A Figura 22 revela que não há um padrão simples de erosão ou depósito de sedimentos no rio Taquari. Algumas zonas de maior erosão estão localizadas imediatamente a montante de zonas de grande deposição do material, sugerindo que houve um reposicionamento dos sedimentos, como é visível na região imediatamente a jusante do centro histórico de Cruzeiro do Sul.

Em média o leito do rio está 17 cm mais elevado no levantamento DNIT2025 do que no levantamento DNIT2024. Isto sugere que as cheias que ocorreram no período de março de 2024 a março de 2025 tiveram como efeito médio uma deposição de material equivalente a 17 cm no leito do rio Taquari, entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul. Considerando que a área do rio ao longo deste trecho é de 5,57 km^2, é possível estimar em 947 mil metros cúbicos o volume total de sedimentos que foram depositados no período.

A tendência de deposição no trecho a montante da barragem de Bom Retiro do Sul é coerente com o efeito esperado da barragem sobre o fluxo de sedimentos.

É importante ressaltar que as modificações apresentadas nas figuras anteriores devem se, em quase sua totalidade, à movimentação de sedimentos do leito ocorridas durante a cheia de abril e maio de 2025, que foi extraordinária em sua intensidade.

3.3 Efeito da alteração do leito sobre o nível da água máximo na cheia

A comparação anterior mostra que entre março de 2024 e março de 2025 houve zonas de erosão, em que o leito se aprofundou em mais de 5 metros, e houve zonas de deposição, em que o leito do rio se elevou em mais de 5 metros. Para avaliar se estas alterações do leito podem influenciar, ou podem ter influenciado as inundações, foi realizada uma análise baseada em simulação com o modelo hidrodinâmico HEC-RAS.

O modelo HEC-RAS foi aplicado e calibrado conforme descrito no item 2.2, e posteriormente aplicado em dois cenários. No primeiro cenário foi utilizada na modelagem a topografia do leito DNIT2024 e no segundo cenário foi utilizada a topografia do leito DNIT2025. Todas as outras condições de aplicação do modelo foram mantidas exatamente iguais. A cheia simulada corresponde à cheia de abril e maio de 2024.

Para resumir a comparação, a cota máxima da cheia nos dois cenários foi calculada em alguns pontos de interesse, conforme a Tabela 4. Observa-se que, em todos os locais listados, a cota máxima é maior quando no modelo hidrodinâmico é utilizada a topografia do leito do levantamento DNIT2025, entretanto a diferença é relativamente pequena, variando entre 1 cm (0,01 m) e 14 cm (0,14 m). O local com a maior diferença é o centro histórico de Estrela, em que a cota máxima da cheia é 14 cm mais alta quando se utiliza a topografia DNIT2025 do que quando se utiliza a topografia do leito DNIT2024.

Tabela 4: Resultados de cota máxima de cheia em alguns pontos de interesse no rio Taquari, no trecho entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul, em dois cenários de análise, com dados de batimetria de 2024 (antes da cheia) e 2025 (depois da cheia), e a diferença de cota máxima encontrada nas simulações.

Local	Cota máxima DNIT2024 (m)	Cota máxima DNIT2025 (m)	Diferença (m)
Cruzeiro do Sul (São Miguel)	23,39	23,40	0,01
Cruzeiro do Sul (foz do Arroio Sampaio)	26,16	26,19	0,03
Cruzeiro do Sul (Glucostark)	27,26	27,34	0,08
Cruzeiro do Sul (Prefeitura Municipal)	29,23	29,26	0,03
Estrela (escadaria da Polar)	30,03	30,17	0,14
Centro de Lajeado	33,08	33,17	0,09
Ponte da BR 386	33,26	33,35	0,09

Os resultados apresentados na Tabela 4 sugerem que as alterações ocorridas no leito do rio Taquari entre antes e depois da grande cheia de 2024 tem uma influência relativamente pequena nas cotas máximas atingidas, ao menos no trecho entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul.

Atenta-se que este efeito é pequeno, mas eventualmente pode ser cumulativo se novas cheias de grande magnitude como a de 2024 ocorrerem no futuro, então o leito do rio deve ser permanentemente monitorado para possíveis agravamentos ou se o próprio material acumulado não se desfará naturalmente em próximas cheias menores.

4 Conclusões

A comparação dos levantamentos batimétricos do rio Taquari, no trecho entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul, realizados em 2016 e em 2024, mostra que o leito do rio se manteve estável, não havendo alterações significativas do leito.

Isto significa que, ao longo dos 8 anos decorridos entre janeiro de 2016 (data do levantamento AGROSIG 2016) e março de 2024 (data do levantamento DNIT 2024), não houve um processo de assoreamento generalizado neste trecho do rio Taquari.

Ressalta-se que no período de 2016 a 2024 ocorreram três das maiores cheias já registradas na região: em 2020, em setembro de 2023 e em novembro de 2023.

Esses resultados permitem refutar a hipótese de que o assoreamento tenha causado ou intensificado as inundações durante a cheia de maio de 2024 nas cidades de Lajeado, Estrela e Cruzeiro do Sul.

Assim, pode se concluir que a cheia de 2024 não foi causada ou intensificada por um processo generalizado de assoreamento do leito do rio Taquari.

A comparação dos levantamentos batimétricos de março de 2024 e março de 2025, realizados pelo DNIT, mostra que houve alterações localizadas na topografia do leito do rio Taquari. Há locais, onde predominou a erosão, em que o rio ficou cerca de 5 metros mais profundo do que era. Por outro lado, há locais, onde predominou a deposição de sedimentos, em que o rio ficou cerca de 5 metros menos profundo do que era.

Os locais de maiores alterações do leito concentram se no trecho entre o centro histórico da cidade de Estrela e a região do bairro Glucostark, em Cruzeiro do Sul. As maiores erosões ocorreram nas curvas do rio, e as maiores deposições ocorreram logo a jusante das curvas.

Considerando toda a extensão do rio Taquari entre a ponte da BR 386 e a barragem de Bom Retiro do Sul, o leito está 17 cm mais elevado no levantamento posterior à grande cheia de 2024 do que no levantamento realizado antes da cheia. Isso sugere que houve uma tendência maior à deposição de sedimentos do que à erosão, o que é compatível com a localização do trecho a montante de uma barragem.

O impacto das alterações do leito, ocorridas entre 2024 e 2025, sobre os níveis máximos durante uma cheia de grande magnitude é relativamente pequeno, chegando a 10 cm em Lajeado e 14 cm em Estrela.

As conclusões apresentadas aqui são válidas apenas para o trecho analisado, entre a ponte da BR-386 e a barragem de Bom Retiro do Sul, onde há disponibilidade de dados. Em outros rios, e em outros trechos do rio Taquari, comparações semelhantes à apresentada aqui poderiam ser realizadas para verificar se ocorreram mudanças do leito, seja de erosão ou assoreamento.

5 Recomendações

Recomenda-se buscar e tornar disponíveis os levantamentos batimétricos já realizados no passado, especialmente os levantamentos realizados pelo DNIT, para realizar a comparação entre os levantamentos obtidos em diferentes datas, em uma extensão maior do rio Taquari, e em outros rios da região, como o Jacuí, Caí, Sinos e o próprio Guaíba.

Recomenda-se realizar levantamentos batimétricos periódicos, a cada 5 ou 10 anos, para verificar a evolução do leito dos rios, especialmente nas regiões junto às cidades em que ocorrem inundações.

Recomenda-se avaliar, através de modelagem hidrodinâmica, os locais e os volumes de dragagem necessários para eliminar o efeito de intensificação da cheia resultantes da modificação do leito que ocorreu

durante a cheia de 2024, caso desejar-se que estes aumentos de 1 cm a 14 cm nos níveis sejam compensados através deste tipo de medida estrutural.

Referências

AGROSIG 2016 Serviços de engenharia para levantamento topobatimétrico no trecho do rio Taquari compreendido entre a cidade de Encantado e a barragem de Bom retiro do Sul: Relatório Técnico Final. AGROSIG Engenharia e Meio Ambiente. Porto Alegre – RS

Ayub, A.; Torres, A. S.; Machado, P. M. 2023 Análise da viabilidade operacional de escavadeiras hidráulicas para dragagem mecânica da hidrovia do rio Taquari. Revista ENINFRA, Brasília – DF, v. 1 n. 2 set. 2023.

CEPED-RS 2017 Desenvolvimento e apoio à implantação de uma estratégia integrada de prevenção de riscos associados a regimes hidrológicos na Bacia do Taquari-Antas - RS. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Collischonn, W. et al. 2025 The exceptional hydrological disaster of April-May 2024 in Southern Brazil. RBRH, v. 1, 2025.

CPRM 2015 Monografia do Marco: 86879300 - Estrela, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil, Porto Alegre.

Goodchild, M. F., Longley, P. A., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographic information systems and science. Wiley & Sons, West Sussex, UK, 17, 517.

Guarnieri, H.; Correia, R.; Ratton, P.; Nadal, C. A.; Mouro, R. C.; Bleninger, T.; Ratton, E. 2015 Determinação do Modelo Digital de Elevação de rios de grande extensão para uso em projetos de engenharia - Estudo de caso do trecho brasileiro da Hidrovia do Rio Paraguai. 9º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior. SOBENA - Sociedade Brasileira de Engenharia Naval. Manaus, Outubro de 2015.

GZH 2024 Cinco meses após enchente, RS enfrenta falta de estudos sobre assoreamento de rios por conta da cheia. https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2024/10/cinco-meses-apos-enchente-rs-enfrenta-falta-de-estudos-sobre-assoreamento-de-rios-por-conta-da-cheia-cm1s0teoj00z7014r9bh6oiwl.html acessado em 05/03/2025.

Julien, P. Y. (2018). River mechanics. Cambridge University Press.

Laipelt, L.; Paiva, R.; Fan, F.; Ruhoff, A.; Collischonn, W.; Moraes, S.R.; Eckhardt; R. Estimativa preliminar das áreas urbanas inundadas durante a cheia do Rio Taquari-Antas (Set-2023) via sensoriamento remoto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul & Universidade do Vale do Taquari. Setembro de 2023.

Laipelt, L., Comini de Andrade, B., Collischonn, W., de Amorim Teixeira, A., Paiva, R. C. D. D., & Ruhoff, A. (2024). ANADEM: a digital terrain model for South America. Remote Sensing, 16(13), 2321.

Lopes, H. L., Neto, A. R., & Cirilo, J. A. (2013). Modelagem batimétrica no reservatório de Sobradinho: I – geração e avaliação de superfícies batimétricas utilizando interpoladores espaciais. Revista Brasileira de Cartografia, 65(5), 907-922.

Marcuzzo, F. F. N., Kenup, R. E., Zanetti, H. P., Benvenutti, L., Oliveira, M. P., Wilson, E. S., Acosta, C. C., & Bao, R. (2024). Nota técnica: aferição direta e avalição indireta do nível máximo de rios em estações fluviométricas e marcas de inundação no Rio Grande do Sul na grande cheia de maio de 2024. 6ª versão. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Disónível em https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24939.10

Merwade, V., Cook, A., & Coonrod, J. (2008). GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. Environmental Modelling & Software, 23(10-11), 1300-1311.

Miranda, R. B., Scarpinella, G. D. A., & Mauad, F. F. (2013). Influência do assoreamento na capacidade de armazenamento do reservatório da usina hidrelétrica de Três Irmãos (SP/Brasil). Journal of Water Resources/Recursos Hídricos, 34(2).

Moraes, S. R., Collischonn, W., Buffon, F. T., & Eckhardt, R. R. (2024). Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023 (Nota técnica). Porto Alegre: UFRGS. Disponível em https://lume.ufrgs.br/

Paz, A. R. 2024 Modelos Digitais de Elevação para Estudos Ambientais. 1. ed. Porto Alegre: ABRHidro, 2024. 420p .

SEMA 2024 Plano da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas - Fase C - Plano de ações. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS).

Toldo Junior, E. E., Dillenburg, S. R., Corrêa, I. C. S., Almeida, L. E. S. B., Weschenfelder, J., & Gruber, N. L. S. (2006). Sedimentação de longo e curto período na Lagoa dos Patos, Sul do Brasil. Pesquisas em Geociências, 33(2), 79-86. http://doi.org/10.22456/1807-9806.19516.