

DESEMPENHO HIDRÁULICO DA BARRAGEM EXISTENTE NA UFSCAR E DO PARQUE FLUVIAL PROJETADO

*Alessandro Hirata Lucas¹; Paulo Henrique Silva Leme²; Mário Henrique Dias Pelissari³; Anai
Floriano Vasconcelos⁴; Luciana Márcia Gonçalves⁵*

RESUMO – Este estudo apresenta a análise dos efeitos hidráulicos associados à barragem localizada no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no córrego do Monjolinho, bem como da proposta de implantação de um parque fluvial multifuncional, utilizando Soluções Baseadas na Natureza e restaurando o curso natural do córrego. A barragem passou a apresentar limitações operacionais, evidenciando a necessidade da avaliação de sua funcionalidade e segurança. Simulações hidráulicas de cenários representativos da condição atual e projetada foram feitas com o software HEC-RAS em regime não permanente, utilizando hidrogramas obtidos por modelagem hidrológica com o HEC-HMS, permitindo avaliar o comportamento hidráulico do sistema para diferentes períodos de retorno. Os resultados indicam que, no cenário atual, a barragem apresenta capacidade limitada de regularização de vazões, com ocorrência de galgamento. No cenário projetado, as intervenções propostas demonstraram eficiência na condução das vazões de projeto, com período de retorno de 100 anos. Conclui-se que a substituição da barragem por parque fluvial multifuncional constitui uma alternativa hidraulicamente viável, na medida em que proporciona redução da cota do nível de água e redução da mancha de inundação, além de recuperar a funcionalidade natural da planície de inundação.

Palavras-Chave – HEC-RAS; descomissionamento de barragem; parque fluvial multifuncional

ABSTRACT– This study analyzes the hydraulic effects associated with the dam located on the campus of the Federal University of São Carlos (UFSCar), on the Monjolinho stream, as well as a proposal for the implementation of a multifunctional fluvial park based on Nature-based Solutions and restoration of the stream's natural course. The dam exhibits operational limitations, indicating the need to assess its functionality and safety. Unsteady-flow hydraulic simulations were performed using HEC-RAS to represent current and projected scenarios with hydrographs generated in HEC-HMS, for different return periods. The results show that, under current conditions, the dam has limited capacity for flow regulation, with overtopping occurring. In the proposed scenario, the interventions demonstrate efficiency in conveying the design flows (100-year return period), reducing water surface elevations and the extent of the floodplain. It's concluded that replacing the dam with a multifunctional fluvial park is a hydraulically viable alternative, contributing to the recovery of the floodplain's natural functionality.

Keywords – HEC-RAS; dam decommissioning; multifunctional river park

1) Consultor interno em hidrologia e hidráulica, aless_hirata@yahoo.com.br

2) Silva Leme Engenharia, São Carlos, SP, leme.paulo67@gmail.com

3) Consultor interno em drenagem urbana, São Carlos, SP, mhdpelissari@gmail.com

4) Universidade Federal de São Carlos, anai.vasconcelos@ufscar.br

5) Universidade Federal de São Carlos, lucianamg@ufscar.br

INTRODUÇÃO

Desde a implantação do Campus de São Carlos da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), na década de 1970, a área possuía um barramento no Córrego do Monjolinho, formando o reservatório conhecido como Lago da UFSCar. Com a implantação do Campus, a estrutura passou a ter apenas caráter ornamental e recreativo, sem funções de abastecimento hídrico ou geração de energia, tornando-se um elemento marcante da paisagem local. Ao longo do tempo, a barragem apresentou sinais de deterioração estrutural, incluindo erosões nas margens, assoreamento do reservatório e comprometimento de estruturas auxiliares.

A evolução das normativas ambientais e de segurança de barragens, especialmente a Política Nacional de Segurança de Barragens (Brasil, 2010; Brasil, 2020), evidenciou a necessidade de adequação da estrutura às exigências vigentes. A ausência de documentação técnica sobre o projeto original somada à obrigatoriedade de regularização de barramentos e à ocorrência de galgamento da estrutura em eventos de precipitações intensas (Figura 1) reforçou a necessidade de avaliação da viabilidade da sua manutenção, especialmente considerando os riscos associados à sua estabilidade.



Figura 1 – Galgamento da barragem no evento de 28 de dezembro de 2022. Fonte: acervo PU-UFSCAR.

Estudos foram desenvolvidos com o objetivo de fundamentar o descomissionamento da barragem e a implementação de um parque fluvial multifuncional, utilizando Soluções Baseadas na Natureza (SBN) e para a restauração do curso natural do córrego. Neste sentido, o presente artigo apresenta as contribuições das simulações hidrológicas e hidrodinâmicas desenvolvidas utilizando os *softwares* HEC-HMS e HEC-RAS, respectivamente, no processo de análise do comportamento da barragem quando da ocorrência das vazões máximas, bem como os efeitos da substituição do Lago da UFSCar pelo parque fluvial multifuncional.

METODOLOGIA

Descrição da área de estudo

O Lago da UFSCar recebe as contribuições do escoamento de uma bacia com área de drenagem de aproximadamente 28 km². A bacia hidrográfica do córrego do Monjolinho, na seção de estudo, é predominantemente rural (Figura 2).

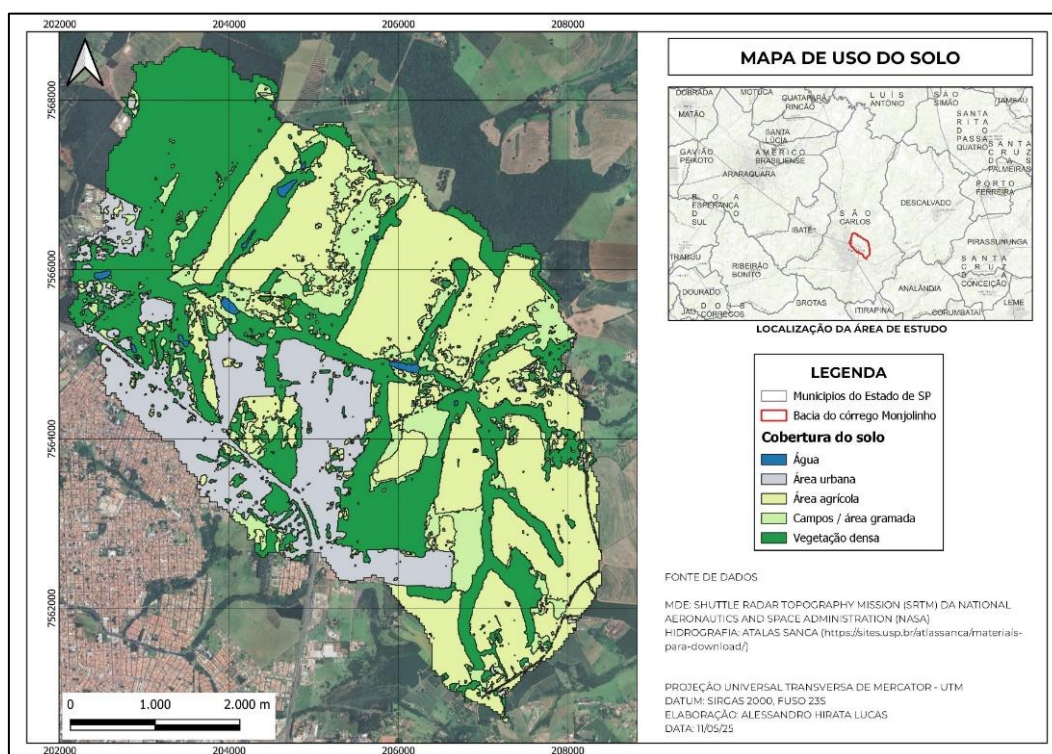


Figura 2 – Cobertura do solo da bacia de contribuição

A barragem formadora do lago constitui também o sistema viário que transpõe o córrego do Monjolinho, denominado Rua do Lago. As características hidráulicas da barragem e das estruturas a ela associadas foram extraídas do cadastro e levantamento planialtimétrico do local. Os dados apresentados na Tabela 1 foram inseridos nos modelos hidrológico e hidráulico.

Tabela 1 – Características das estruturas hidráulicas da barragem

Estrutura	Quantidade	Seção hidráulica (m)	Cota montante (m)	Cota jusante (m)
Cota de fundo (aproximada)	-	-	815,40	-
Saída de fundo – ombreira esquerda	2	Ø=0,80	*817,01	*815,92
Stop-log esquerdo	1	1,00 x 1,00	*816,27	
Vertedor	3	1,05 x 0,53	*817,20	*816,64
Stop-log direito	1	1,00 x 1,00	*816,87	*816,87
Saída de fundo – ombreira direita	2	Ø=0,80	*817,04	*816,12
Coroamento	-		**818,57	**818,57

*cota da geratriz inferior (G.I.); **valor aproximado adotado

Simulações hidrológicas

As simulações hidrológicas foram realizadas com o *software* HEC-HMS de modo a se obter as vazões de pico a serem inseridas na modelagem hidrodinâmica. A área de estudo foi dividida em seis sub-bacias, conforme apresentado na Figura 3. As chuvas de projeto inseridas na modelagem foram obtidas com base na curva IDF de Britto e Kellner (2016) para durações de 2 a 24 horas e período de retorno (Tr) de 100 anos para atender as exigências de projeto da Agência de Águas do Estado de São Paulo (SP Águas) (DAEE, 2017). Foi selecionada a maior vazão de pico dentre as chuvas de diferentes durações para a modelagem hidráulica. Foram simulados dois cenários: i. atual, com a barragem e a ocupação de montante nas condições atuais; ii. projetado, com a implantação do projeto do parque fluvial proposto, o qual contempla passagens de água que não ofereçam restrições a vazões de projeto com Tr de 100 anos, e a ocupação de montante de acordo com os critérios urbanísticos do Plano Diretor Municipal (São Carlos, 2016).

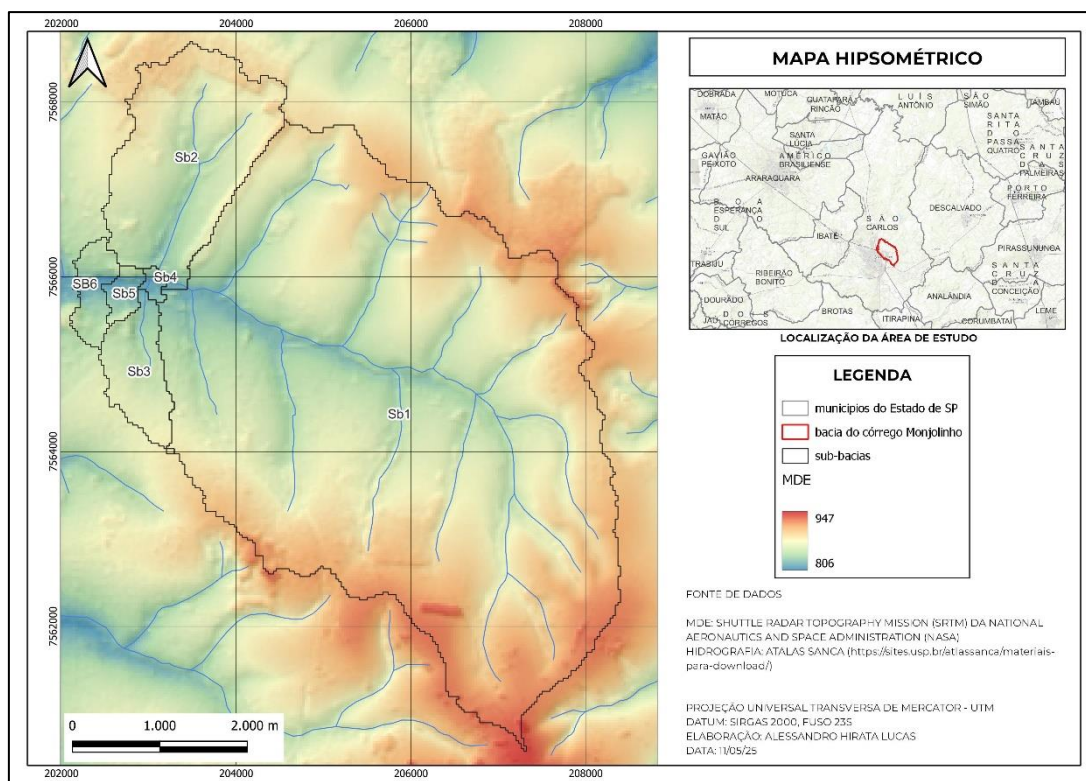


Figura 3– Sub-bacias da modelagem hidrológica no HEC-HMS

Simulações hidrodinâmicas

As simulações hidrodinâmicas foram realizadas utilizando o *software* HEC-RAS em regime não permanente, o qual utiliza as equações de Saint-Venant para solução das equações diferenciais que possibilitam simular as variações de vazões, níveis de água e velocidade de escoamento em seções com geometria irregular.

As seções transversais e os dados das travessias da área de estudo no cenário atual foram extraídos dos levantamentos planialtimétricos, enquanto os hidrogramas das vazões das sub-bacias do córrego Monjolinho foram obtidos pelas simulações hidrológicas utilizando o software HEC-HMS. Na Figura 4 são apresentadas as localizações das seções transversais inseridas no software HEC-RAS para as simulações hidrodinâmicas. Em verde são apresentadas as seções transversais e em cinza as travessias existentes.

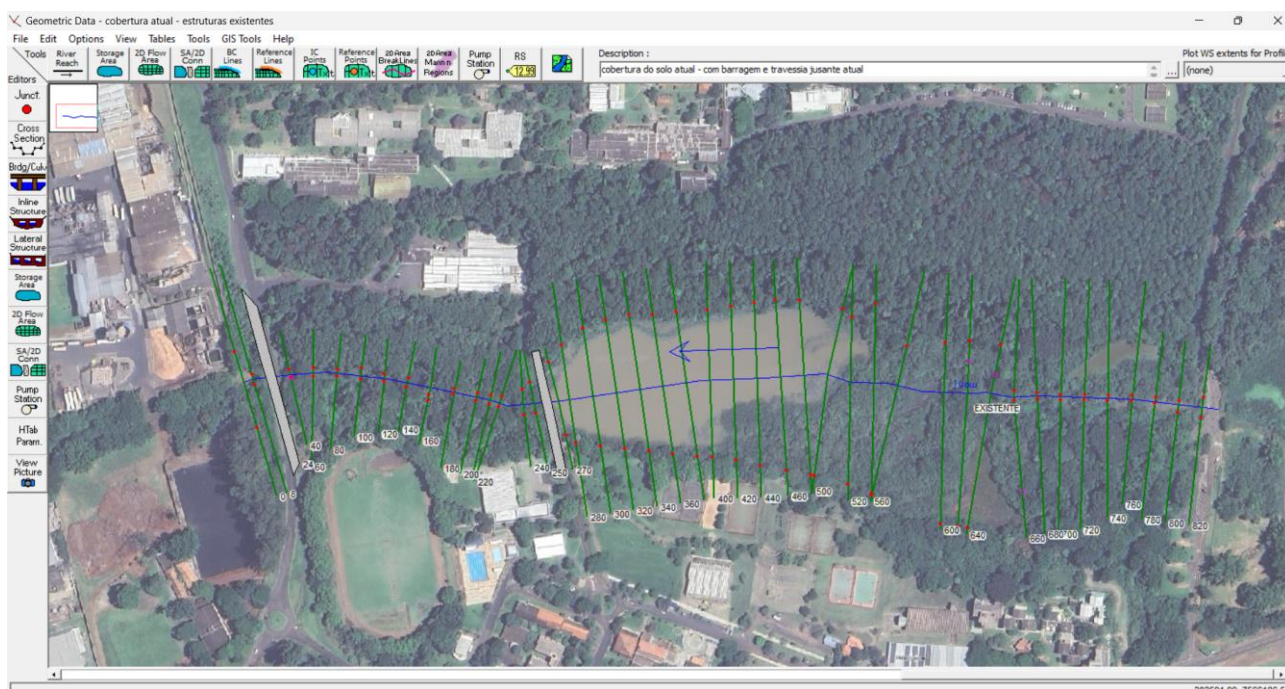


Figura 4 – Representação do modelo hidráulico no software HEC-RAS

O cenário projetado incorporou as propostas hidráulicas do parque proposto (Figura 5). Sob a perspectiva hidráulica, o projeto é estruturado a partir do descomissionamento da barragem e da restituição da dinâmica natural do córrego Monjolinho, com a implantação de canais e planícies de inundação capazes de acomodar eventos hidrológicos extremos de forma controlada. As travessias existentes foram substituídas por estruturas com maior capacidade de escoamento, incluindo uma ponte na Rua do Lago, composta por nove vãos de 12,00 x 3,25 m (Figura 6), e um bueiro celular quádruplo na Transfederônica, constituído por aduelas de 2,50 x 2,50 m (Figura 7), dimensionados para vazões associadas a Tr de 100 anos, promovendo maior segurança hidráulica e redução dos riscos de inundação, sem comprometer a funcionalidade e a qualidade espacial do parque e atendendo às exigências da SP Águas (DAEE, 2017). Na Figura 8 são apresentadas as seções transversais e as estruturas projetadas inseridas no modelo hidráulico.



Figura 5 – Projeto urbanístico proposto para o parque fluvial multifuncional do Monjolinho

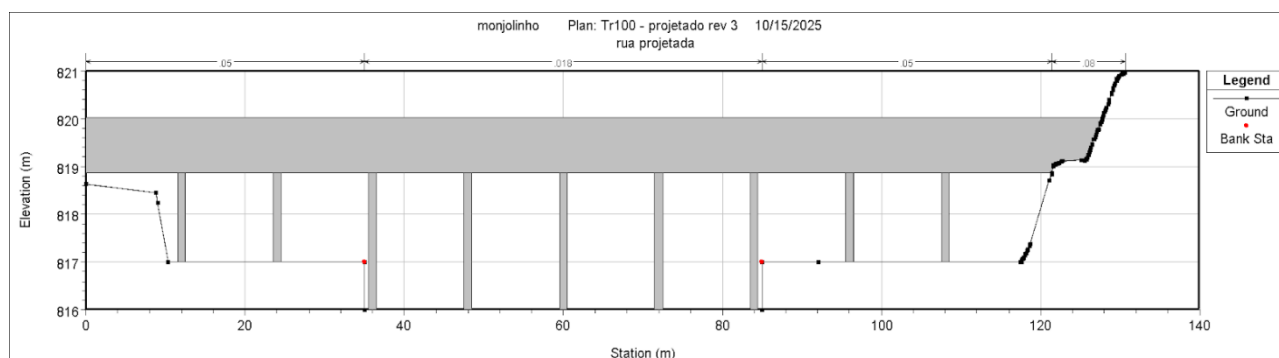


Figura 6 – ponte projetada – via do lago

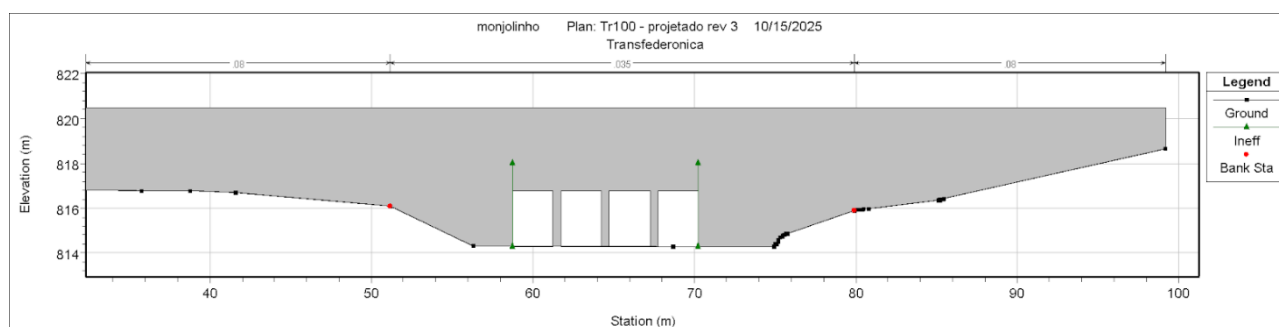


Figura 7 – Bueiro projetado – Transfederônica

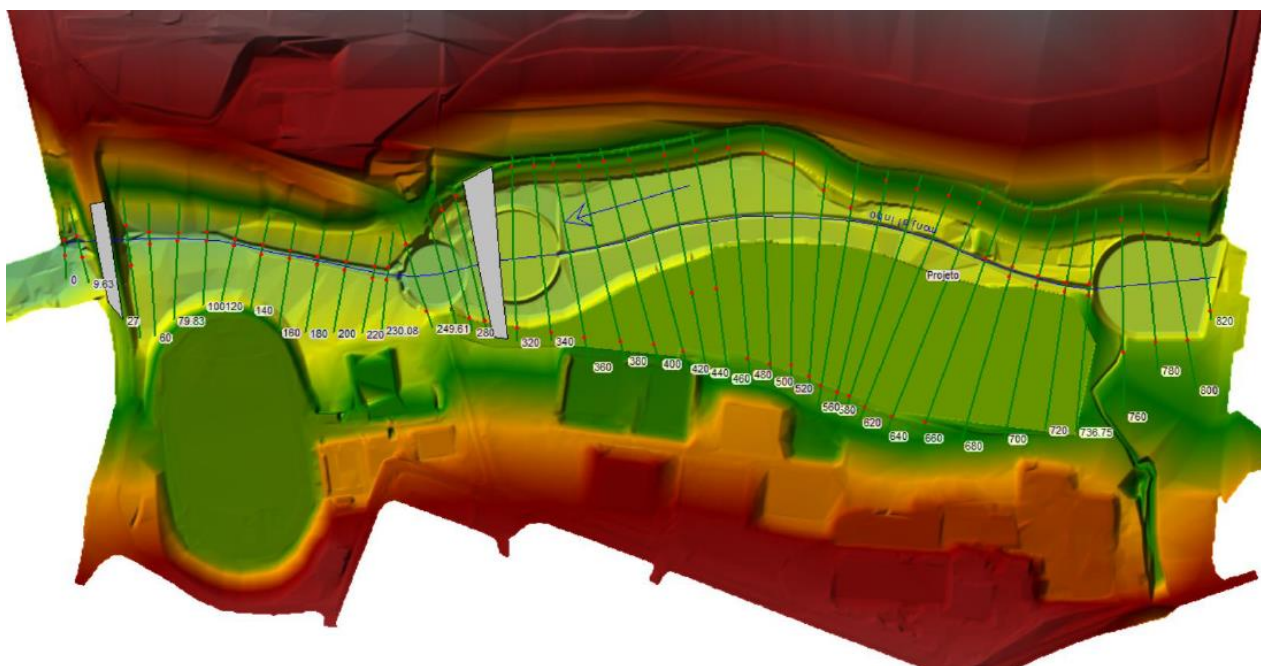


Figura 8 – Modelo hidráulico no HEC-RAS para a situação projetada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Simulações hidrológicas

Os resultados das simulações hidrológicas indicaram que a duração de chuva mais crítica para a área de estudo foi a de 20 horas, pois ela resultou nas maiores vazões de pico. Os resultados das simulações hidrológicas, que foram utilizados como dados de entrada para a modelagem hidrodinâmica, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Vazões de pico obtidas com a modelagem hidrológica

Local	Vazão de pico (m ³ /s) – cenário atual	Vazão de pico (m ³ /s) – cenário projetado
Rua do Lago	53,5	68,5
Transfederônica	54,3	69,3

Simulações hidrodinâmicas – cenário atual

O perfil longitudinal da simulação hidrodinâmica é apresentado na Figura 9. Observa-se a ocorrência de transbordamento da barragem e que, à jusante da barragem, a travessia da Transfederônica atua como seção de controle hidráulico, provocando remanso para áreas à montante.

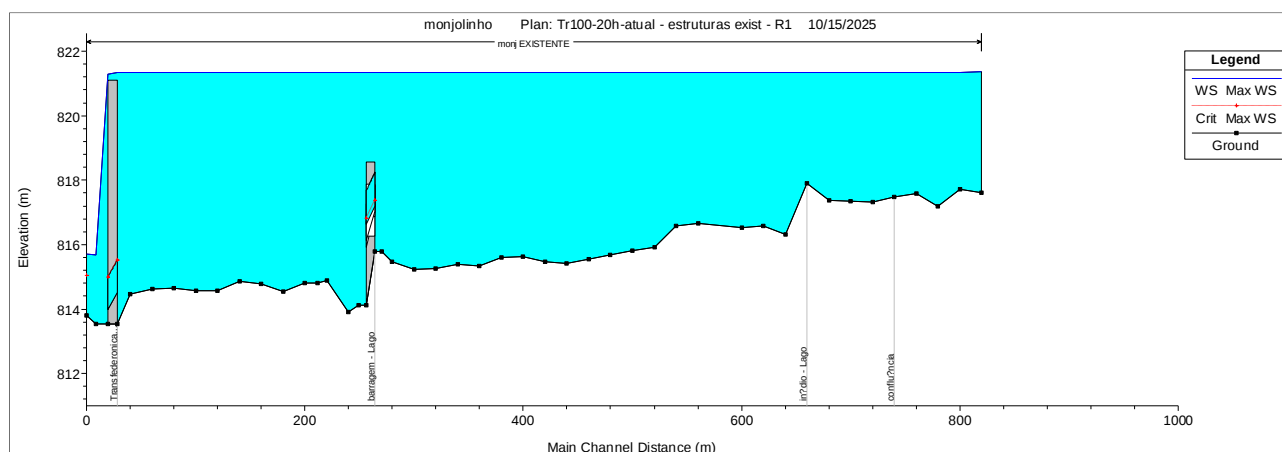


Figura 9 – perfil da linha d'água para vazão com Tr 100 anos – cenário atual

O transbordamento da barragem e o remanso causado resultam na inundação da Rua do Lago e de edifícios do departamento de Educação Física (Figura 10). Isso significa que a barragem não opera para regularização de vazões para as vazões de projeto estabelecidas pela SP Águas.



Figura 10 – Mancha de inundação para vazões com Tr 100 anos – cenário atual

Simulações hidrodinâmicas – cenário projetado

Os resultados das simulações hidráulicas para este cenário indicam que as travessias projetadas para a via do Lago e Transfederônica possuem capacidade hidráulica suficiente para conduzir as vazões de projeto com segurança. O canal à montante da Rua do Lago, projetado para o escoamento

de vazões do período de estiagem, extravasa para as áreas projetadas para inundação durante o período chuvoso, conforme previsto em projeto. Contudo, os níveis de água são inferiores à cota do aterro projetado (Figuras 11 e 12).

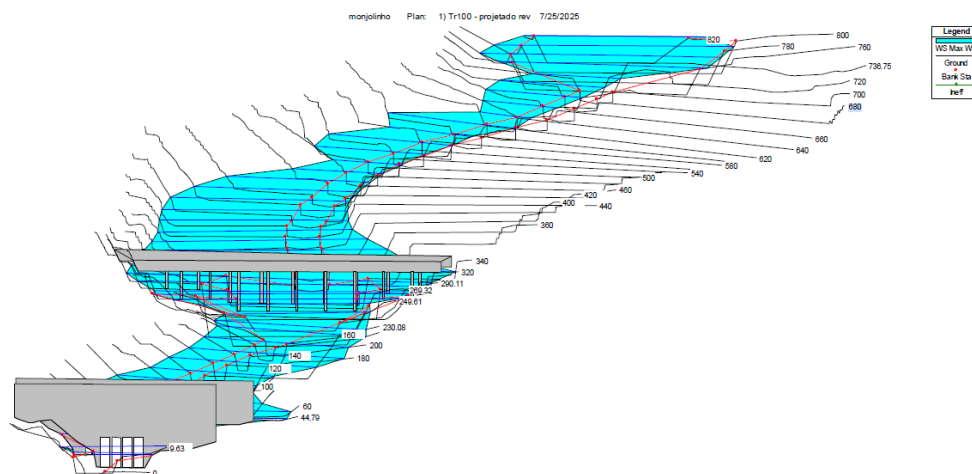


Figura 11 – Perspectiva do modelo hidráulico no HEC-RAS para o cenário projetado

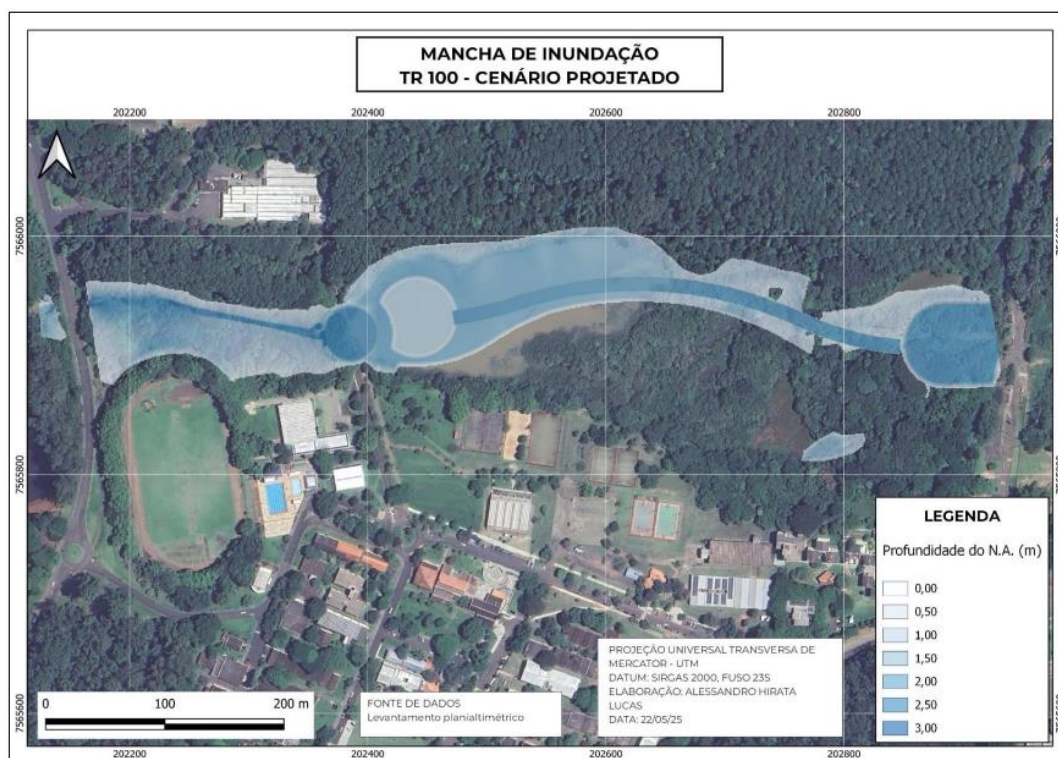


Figura 12 – Mancha de inundação – cenário projetado

Observa-se que as intervenções propostas têm capacidade de promover melhoria nas condições hidráulicas da área de estudo, reduzindo cotas e mancha de inundação e eliminando a ocorrência de transbordamento de estruturas e inundação de edificações observadas no cenário atual. Ademais, como para as vazões de projeto com Tr de 100 anos ocorre galgamento da barragem, o projeto não interfere no controle de vazões de pico para jusante.

CONCLUSÃO

As simulações hidrodinâmicas demonstram que a barragem do Lago da UFSCar não possui capacidade de regularização de vazões com período de retorno de 100 anos, com ocorrência de galgamento e inundação da infraestrutura existente, evidenciando sua inadequação às exigências normativas.

No cenário projetado, o descomissionamento da barragem, a implantação do parque fluvial multifuncional e a adequação da travessia da Transfederônica demonstraram desempenho hidráulico satisfatório, com redução dos níveis de água e da mancha de inundação, sendo esta contida em áreas previstas em projeto especificamente para serem inundadas.

Conclui-se que a solução proposta é hidraulicamente viável e contribui para a redução de prejuízos e danos causados por inundações, além de promover a integração entre funções hidráulicas e urbanísticas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2010). *Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.

BRASIL. (2020). *Lei Federal nº 14.066, de 30 de setembro de 2020*. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

BRITO, L, N.; KELLNER, E. (2016). “*Procedimento para Construção da Equação de Chuva a partir das máximas precipitações diárias obtidas de séries anuais: Atualização da Equação de Chuva da cidade de São Carlos (SP)*”. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 04, n. 26, p. 45-6.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. (2017). *Instrução técnica DPO nº 11, de 30/05/2017*. Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos. São Paulo.

SÃO CARLOS. (2016). *Lei nº 18.053, de 19 de dezembro de 2016*. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos, e dá outras providências.

AGRADECIMENTOS - Agradecemos à UFSCar, que por meio da sua Fundação de Apoio Institucional, FAI, financiou o referido projeto.