

INOVAÇÕES NOS ESTUDOS DE DAM BREAK E MAPA DE INUNDAÇÃO DA UHE MONJOLINHO

Arielle Francisco ANDRADE

Engenheira de Produção Civil – Enemax Engenharia e Consultoria Ltda.

Mariana Francisca FERREIRA Silva

Engenheira Especialista em Recursos Hídricos – Enemax Engenharia e Consultoria Ltda.

Osmar de Vasconcelos COSTA

Engenheiro Civil MSc. – Enemax Engenharia e Consultoria Ltda.

Arthur ANDREETTA

Engenheiro Especialista de Segurança de Barragens – Statkraft Energias Renováveis S.A.

André Santos de Oliveira FURTADO

Engenheiro Eletricista MSc. - Enemax Engenharia e Consultoria Ltda.

RESUMO

Em 2024, foi realizado o estudo de *Dam Break* da barragem da UHE Monjolinho, conforme requisitos da Resolução 1.064/2023 da ANEEL. Inicialmente, o trecho de propagação da modelagem hidrodinâmica se iniciaria na UHE Monjolinho e percorreria o trecho de jusante até a UHE Foz do Chapecó. Contudo, tendo por base os resultados de simulações preliminares e, ainda, a partir da análise dos dados do reservatório da UHE Foz do Chapecó, verificou-se que parte do domínio espacial estabelecido para o estudo estaria compreendida dentro dos limites deste reservatório, classificado como corpo de “águas profundas”. Por conseguinte, constatou-se que o trânsito de cheia através do reservatório da UHE Foz do Chapecó não deveria ser feito por meio das equações completas de Saint Venant, que modelam o escoamento tipo “águas rasas” em regime não permanente. Como alternativa para o desenvolvimento do estudo, foi incorporado e aplicado o Método de Puls Modificado, que demanda as relações cota-volume do reservatório em questão e curva de descarga do vertedouro da usina de jusante e o hidrograma afluente de montante. Sendo assim, este artigo tem como principal objetivo apresentar inovações na construção da mancha de inundação da UHE Monjolinho, cujo fundamento residiu na proposição e emprego de uma metodologia iterativa,

aplicável à propagação de hidrogramas de ruptura através de trechos fluviais contendo reservatórios de águas profundas.

ABSTRACT

In 2024, the Dam Break study of the Monjolinho HPP dam was conducted in accordance with the requirements of ANEEL Resolution 1,064/2023. Initially, the range of the hydrodynamic model would begin at the Monjolinho HPP and extend downstream to the Foz do Chapecó HPP. However, based on the results of preliminary simulations and an analysis of the data from the Foz do Chapecó HPP reservoir, it was found that part of the spatial domain defined for the study was within the limits of this reservoir, classified as a "deep water" reservoir.

Consequently, it was determined that flood propagation through the Foz do Chapecó HPP reservoir should not be modeled using the full Saint Venant equations, which describe "shallow water" flow under unsteady conditions. As an alternative, the Modified Puls Method was incorporated and applied, requiring the stage-storage data of the reservoir in question, the spillway discharge curve of the downstream dam, and the upstream inflow hydrograph.

Thus, this article aims to present the innovations of the flood mapping for the Monjolinho HPP, which was based on the proposition and application of an iterative methodology applicable to the propagation of dam-break hydrographs through a river containing deep-water reservoirs.

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) determina que barragens classificadas com Dano Potencial Associado (DPA) médio ou alto devem, obrigatoriamente, possuir o Plano de Ação de Emergência (PAE) [1]. Dentre os itens que compõem um PAE, figura a elaboração do estudo de ruptura hipotética da barragem (*Dam Break*), que tem como produto principal o mapa de áreas potencialmente inundáveis em face do eventual rompimento da estrutura.

Dessa forma, em 2024, visando atender à PNSB – Lei Federal nº 12.334/2010, alterada pela Lei 14.066/2020, e à Resolução Normativa 1.064/2023 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Enemax Engenharia e Consultoria Ltda. foi contratada pela Statkraft Energias Renováveis S.A., empresa detentora da concessão da UHE Monjolinho, para revisar o estudo de ruptura hipotética da barragem da sua barragem.

1.1 Resolução

O Art. 6º da Resolução Normativa 1.064/2023 da ANEEL estabelece a elaboração do Plano de Segurança da Barragem. Conforme o 2º parágrafo do Art. 6, *“Deverá ser elaborado estudo de rompimento e de propagação da cheia associada, contemplando mapa de inundação para os possíveis cenários de ruptura da barragem, considerando o pior cenário identificado.”* [2].

Esse dispositivo legal reforça a necessidade de elaboração de um estudo de ruptura hipotética da barragem da UHE Monjolinho.

1.2 A UHE Monjolinho

A Usina Hidrelétrica Monjolinho está localizada no rio Passo Fundo, entre os municípios de Nonoai e Faxinalzinho, do Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica do rio Uruguai. A UHE Monjolinho, que teve início de operação em 2009, possui 74 MW de potência nominal instalada e seu reservatório apresenta área de aproximadamente 5,31 km² no nível d'água normal.

O arranjo geral da UHE é constituído por uma barragem de enrocamento com face de concreto de 74 m de altura, sistema extravasor composto por dois vertedouros de soleira livre, o primeiro é lateral na margem direita do reservatório e o segundo no eixo do barramento, sistema de adução composto por canal de aproximação na margem esquerda, tomada d'água a jusante do eixo do barramento e casa de força associada à barragem por meio de túnel de adução escavado em rocha. As principais estruturas que compõem o empreendimento estão apresentadas na Figura 1.



Figura 1 – Arranjo geral UHE Monjolinho.

No vale a jusante da UHE Monjolinho, a cerca de 11,10 km de distância do barramento, o rio Passo Fundo encontra o rio Lajeado Grande e, após cerca de 1,4 km, essa confluência ocorre com o rio Uruguai. De forma complementar, o vale a jusante também é caracterizado por 3 (três) pontes sobre os rios Passo Fundo e Lajeado Grande, sendo elas:

- Ponte 01: localizada sobre o rio Passo Fundo, aproximadamente a 10,63 km de distância do barramento;
- Ponte 02: localizada sobre o rio Lajeado Grande, a 11,72 km de distância do barramento;
- Ponte 03: localizada sobre a confluência do rio Lajeado Grande com o rio Passo Fundo, a cerca de 11,43 km de distância do barramento.

A partir do barramento da UHE Monjolinho, após aproximadamente 86 km, está instalada a UHE Foz do Chapecó, no rio Uruguai.

1.2.1 Critério de Parada

O critério de parada de um estudo de rompimento é geralmente definido a partir da seção em que a onda de ruptura não apresenta mais risco significativo às pessoas, veículos e edificações.

Conforme a Resolução 1.064/2023 da ANEEL, em seu Art. 6º, “a área de abrangência dos estudos deverá se estender até o amortecimento da cheia associada ou até o reservatório da usina hidrelétrica imediatamente a jusante, o que ocorrer primeiro.” [2]. Partindo desse ponto, a definição da área de abrangência do estudo de rompimento da UHE Monjolinho considerou, inicialmente, percorrer todo o trecho de jusante até a UHE Foz do Chapecó.

Contudo, a partir da análise dos dados do reservatório da UHE Foz do Chapecó e, ainda, tendo por base os resultados de simulações preliminares, verificou-se que toda a extensão do estudo estaria compreendida dentro dos limites deste reservatório. A Figura 2 apresenta a área inundada pelo reservatório da UHE Foz do Chapecó, obtida através do banco de dados espaciais da ANEEL [3]. A análise da área inundada torna evidente que o reservatório tem início imediatamente a jusante da UHE Monjolinho.

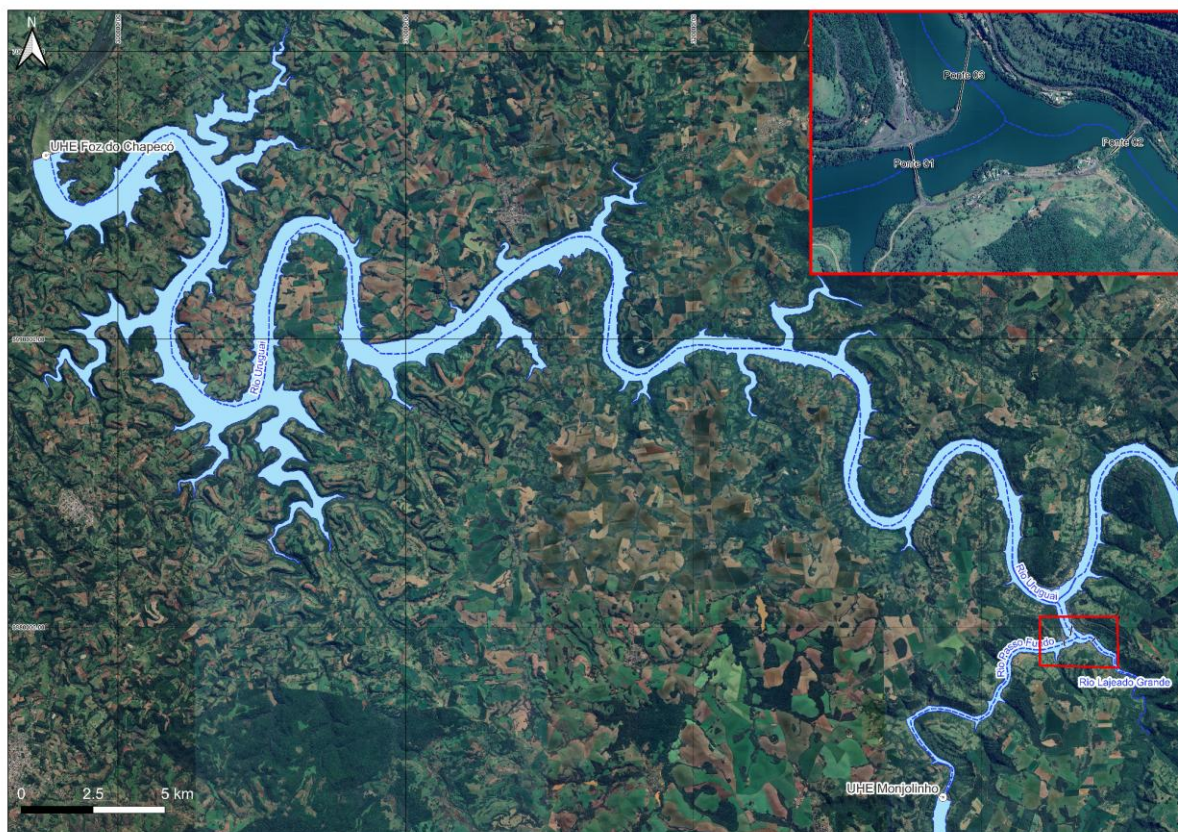


Figura 2 – Área inundada pelo reservatório da UHE Foz do Chapecó (Área azul) [3].

Além disso, a partir dos dados obtidos no aerolevantamento a laser realizado na região do estudo em fevereiro de 2024 [4], tornou-se possível constatar elevações constantes para o nível d'água (NA) ao longo do trecho levantado. A Figura 3 apresenta uma seção no trecho imediatamente a jusante da UHE Monjolinho indicando a elevação 264,50 m, compatível com a faixa operacional da UHE Foz do Chapecó, em que o NA Mínimo e o NA Máximo Operacional estão nas elevações 264,00 m e 265,00 m, respectivamente.

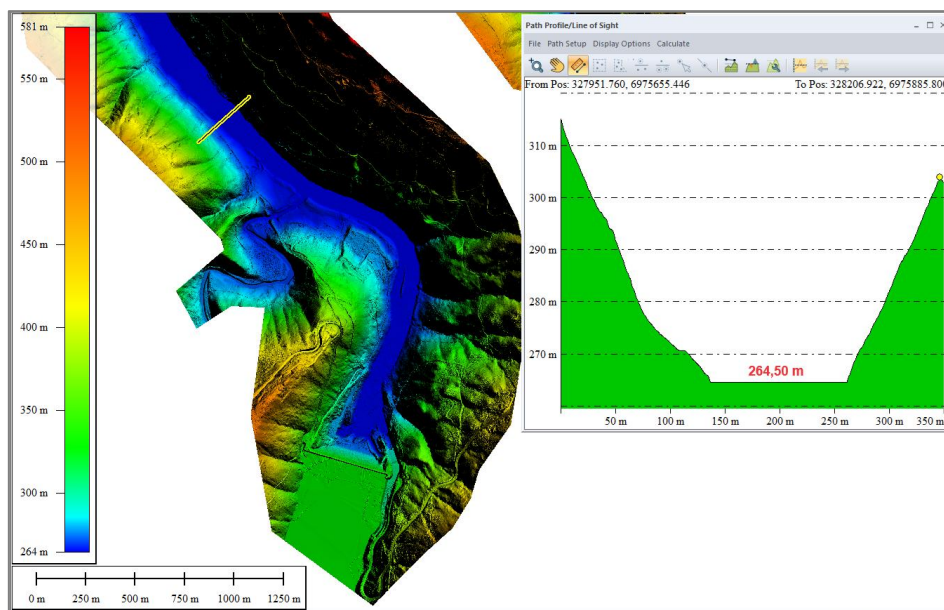


Figura 3 – Seção imediatamente a jusante da UHE Monjolinho – Nível d’água na El. 264,50 m [4].

Adicionalmente, foram obtidos dados telemétricos da usina, através da estação UHE Foz do Chapecó Barramento (74040080), disponíveis no Sistema HIDRO de telemetria do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) [5]. A partir disso, foi possível verificar que a cota do reservatório era compatível com aquela obtida no aerolevantamento (Figura 4).

Em outras palavras, dois pontos distantes em um mesmo “circuito hídrico”, por assim dizer, e com a mesma cota de NA, a despeito de haver vazão em trânsito. Neste sentido, é possível aprofundar a questão e deliberar, dentre outros aspectos, sobre o afastamento da hipótese de escoamento gradualmente variado no referido trecho fluvial ($dy/dx = 0$).

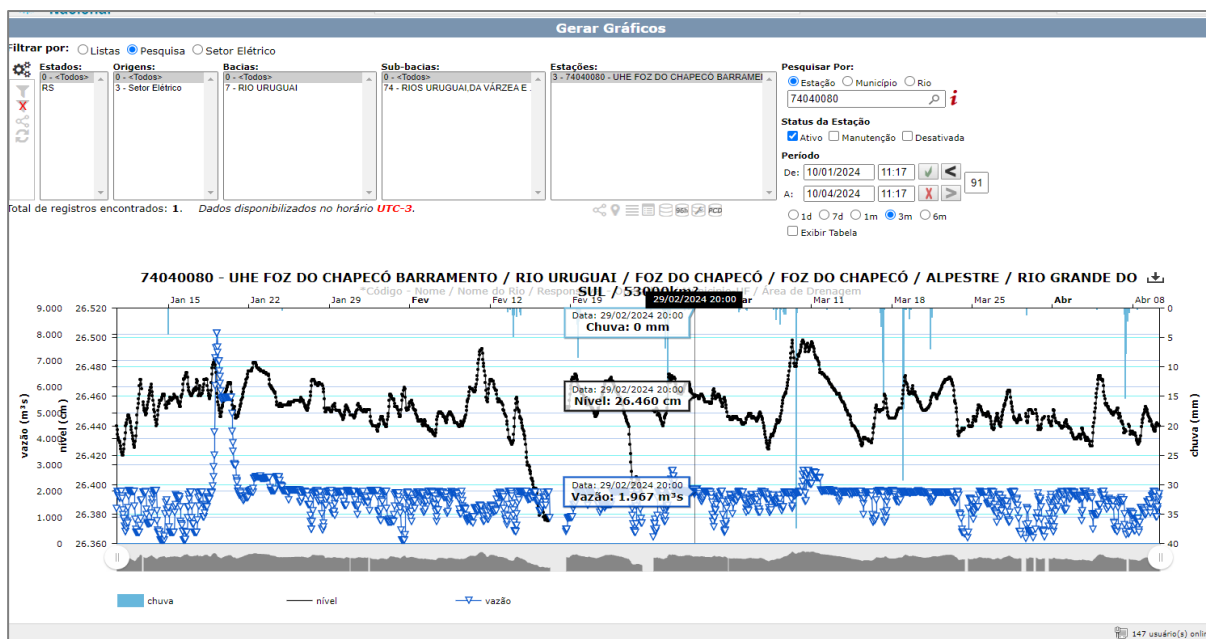


Figura 4 – Dados telemétricos da estação Foz do Chapecó Barramento (74040080) – El. 264,60 m na data de realização do aerolevantamento [5].

Desse modo, foi possível notar que ondas de cheia se propagam através do reservatório da UHE Foz do Chapecó sem que as suas seções topobatimétricas apresentem elevações de NA “distintas” (na prática). Isto permite ensejar que o fundo dessas seções (leito fluvial) não é capaz de afetar as ondas em trânsito. Portanto, concluiu-se que a propagação de cheia através do reservatório da UHE Foz do Chapecó não poderia ser modelada por escoamento tipo “águas rasas”, usualmente empregado em *softwares* de simulação hidrodinâmica e hidráulica, a exemplo do *software* HEC-RAS, mas, sim, via outro método capaz de utilizar as relações cota-volume daquele reservatório, cota-descarga do seu extravasor e o hidrograma afluente a montante deste reservatório.

2 CONCEITOS APLICADOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O *software* HEC-RAS foi utilizado para simular a propagação da onda de ruptura da UHE Monjolinho. Entre as capacidades da ferramenta, está a propagação hidrodinâmica bidimensional de fluxos, realizada a partir das equações completas de Saint Venant ou Equações de Águas Rasas (*Shallow Water Equations – SWEs*) ou das equações de ondas de difusão (*Diffusion Wave Equations – DWE*) [6].

As equações completas de Saint Venant e suas variáveis são apresentadas a seguir:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = S(U) \quad (1)$$

em que:

U = vetor das variáveis conservadas $[h, hu, hv]$;

$F(U)$ = fluxo na direção x $[hu, hu^2 + 0.5 \cdot g \cdot h^2, huv]^T$;

$G(U)$ = fluxo na direção y $[hv, huv, hv^2 + 0.5 \cdot g \cdot h^2]^T$;

$S(U)$ = vetor de termos fonte $[0, -g \cdot h \cdot \partial z / \partial x - \tau_{bx} / \rho, -g \cdot h \cdot \partial z / \partial y - \tau_{by} / \rho]^T$;

$h(x, y, t)$ = altura da lâmina d'água (m);

$u(x, y, t)$ = velocidade na direção x (m/s);

$v(x, y, t)$ = velocidade na direção y (m/s);

$z(x, y)$ = cota do fundo (m);

H = cota da superfície livre (m);

g = aceleração da gravidade (m/s²);

ρ = densidade da água;

τ_{bx}, τ_{by} = tensões de fundo nas direções x e y .

Segundo o Manual de Modelagem 2D do HEC-RAS USACE [6], a aplicação das equações completas de Saint Venant é proposta a situações nas quais as ondas são altamente dinâmicas, a exemplo da análise de rompimento de barragens. Diante disso, decidiu-se, em um primeiro momento, modelar a ruptura da UHE Monjolinho nas SWEs.

Entretanto, a partir das primeiras simulações, verificou-se que o modelo apresentava instabilidade, bem como inconsistências nos dados de elevação do nível d'água na região a jusante da UHE Monjolinho. Ainda, diversas condições de contorno de jusante foram testadas, não tendo sido os resultados das modelagens aderentes a nenhuma delas. Diante dos indícios de falhas, restou inadequada a aplicação das SWEs à região do estudo.

Em caráter informativo apenas, oportuniza-se alertar que o *software* sinaliza problemas relativos à estabilidade das soluções de Saint Venant em modelagens realizadas em rios com declividade superior a 10%, apontando, tacitamente, para a demanda por uma nova metodologia de propagação [7].

Neste momento, é relevante diferenciar os escoamentos em “águas rasas” e “águas profundas”. Conforme descrito por Chow (1959) [8], o regime de águas rasas está associado a situações em que a profundidade do fluxo é pequena em comparação com outras dimensões características do escoamento, como o comprimento de onda ou a largura do canal. Nesse regime, os efeitos da gravidade predominam a propagação das ondas e no comportamento do fluxo. Por outro lado, o regime de águas profundas ocorre quando a profundidade do escoamento é significativamente maior em relação a essas dimensões, sendo os efeitos inerciais os mais relevantes nesse caso.

Posto todo o supracitado, considerando que a simulação ocorre em um trecho de um grande reservatório e, ainda, com base na instabilidade das simulações preliminares, tornou-se pouco promissor o emprego das equações de Saint Venant no que concerne à obtenção de resultados satisfatórios e representativos para a simulação da ruptura da UHE Monjolinho.

O presente artigo aborda as principais dificuldades na elaboração da mancha de inundação da UHE Monjolinho e apresenta uma metodologia iterativa, potencialmente aplicável à propagação de hidrogramas de ruptura em trechos fluviais com características de “águas profundas”.

3 PROBLEMAS OBSERVADOS

As tentativas de simular a propagação da onda de ruptura da UHE Monjolinho por todo o vale a jusante, até a UHE Foz do Chapecó, utilizando as equações completas de Saint Venant, não apresentaram resultados satisfatórios.

A fim de contornar os problemas relacionados à estabilidade do modelo, foram realizados ajustes na extensão física da simulação, na condição de contorno de jusante, na discretização espacial da malha bidimensional e no tempo de computação do *software*. A alteração de um desses elementos pode ser capaz de provocar mudanças nos resultados da modelagem hidrodinâmica.

Todavia, dentre as inconsistências observadas nos resultados, não somente a simulação apresentava instabilidade, como o nível d'água observado a jusante da UHE Monjolinho permanecia alterado ao longo de todo o vale (ref: gradualmente variado). Somado a isso, ainda na região do pé da barragem, no rio Passo Fundo, o nível d'água na simulação de um dia tipicamente seco estava muito acima do esperado e do observado nos dados telemétricos.

Ademais, não havia precisão suficiente no modelo para inferir o comprimento da onda induzida pela ruptura da UHE Monjolinho. No entanto, estima-se que esse comprimento seja tal que se enseje a aplicação das SWEs.

Não obstante, tendo em vista as evidências apresentadas no item 1.2.1, que comprovam a elevação “horizontalizada” do NA no vale a jusante, não seria factível, por exemplo, a permanência dos NAs em cotas tão elevadas durante a passagem da cheia natural em um dia seco. Desta forma, tornou-se inviável admitir os resultados da simulação por Saint Venant como confiáveis para o estudo.

Ressalta-se que, eventualmente, a aplicação das equações de “águas rasas”, por meio do *software* HEC-RAS, poderia atender simulações de “águas profundas” (*Deep Water Waves*). No entanto, não foi possível reproduzir com precisão a condição real do vale a jusante utilizando o *software* HEC-RAS e as equações de “águas rasas”, sendo necessário o estudo de uma alternativa.

4 METODOLOGIA ADOTADA (MÉTODO ITERATIVO)

A metodologia adotada para modelagem da onda de inundação consistiu em um método iterativo, iniciado a partir do Método de Puls Modificado (modelo hidrológico de propagação de cheias em reservatórios), e que demanda as relações cota-volume do reservatório em questão, cota-descarga do seu vertedouro (curva de descarga) e hidrograma afluente.

Contudo, para se obter o hidrograma de ruptura afluente à UHE Foz do Chapecó, torna-se necessário simular a ruptura da UHE Monjolinho por meio das equações completas de Saint Venant. Dessa forma, propôs-se o seguinte processo iterativo:

1. Obtenção do hidrograma de ruptura afluente ao reservatório da UHE Foz do Chapecó através da simulação no *software* HEC-RAS (modelagem hidrodinâmica 2D - SWEs);
2. Trânsito da cheia de ruptura obtida em (1) através do reservatório da UHE Foz do Chapecó utilizando o *software* HEC-HMS (Puls Modificado); e
3. Validação do processo iterativo (critério de parada), utilizando novamente o *software* HEC-RAS (modelagem hidrodinâmica 2D).

O objetivo desta etapa é aplicar o cotograma resultante de (2) como condição de contorno de jusante em uma nova simulação hidrodinâmica, atualizando a etapa (1), e avaliar se o novo hidrograma de ruptura afluente ao reservatório da UHE Foz do Chapecó restará aceitavelmente próximo àquele obtido em (1). Se a condição for atendida, o processo pode ser interrompido. Do contrário, deve-se retornar à etapa (2), assumindo-se o novo hidrograma de ruptura afluente ao reservatório da UHE Foz do Chapecó, obtendo-se novo cotograma e repetindo-se o ciclo supracitado. Isto deve ser feito até que os hidrogramas de “antes” e “depois” convirjam tolerantemente (critério de parada).

Nesse sentido, oportuniza-se observar que: (i) a qualidade da condição de contorno de jusante utilizada na primeira simulação da etapa (1) implica maior ou menor número de iterações necessárias para se atingir o critério de parada; (ii) a condição de contorno de jusante admitida para essa primeira simulação hidrodinâmica foi a curva de descarga da UHE Foz do Chapecó, com algumas adaptações cuja finalidade

consistia na tentativa de manutenção do NA no Nível Máximo Normal de Operação do reservatório; e (iii) no presente estudo, a convergência dos resultados demandou apenas uma iteração.

5 RESULTADOS

A partir da metodologia proposta, foram simulados dois cenários de ruptura, abrangendo o dia seco (Q_{MLT}) e o dia chuvoso, com vazão associada a cheia correspondente ao Tempo de Retorno (TR) de 10.000 anos. As simulações permitiram comparar os hidrogramas de cheias naturais com aqueles de ruptura, apresentando as envoltórias incrementais ao longo da calha dos rios Passo Fundo e Uruguai.

O mapeamento das áreas potencialmente inundáveis foi realizado para cada cenário, considerando mapas de envoltória máxima e risco hidrodinâmico. Para melhor entendimento do dano potencial provocado pela eventual ruptura do barramento da UHE Monjolinho, foram obtidos os resultados de 11 seções transversais de referência, contendo informações de distância ao barramento, vazão de pico, tempo de chegada da onda de ruptura, nível d'água (NA) máximo atingido e profundidade incremental (obtida pela diferença entre a máxima cota atingida pela onda de ruptura na seção de interesse e a cota obtida no cenário de cheia natural para a mesma seção).

Esses resultados dizem respeito, exclusivamente, às etapas (2) e (3) do processo iterativo proposto no item 4, tendo em vista que essas são as etapas que possuem resultados efetivos.

Considerando que os resultados obtidos na última seção do domínio de simulação da etapa (1) do processo iterativo são representativos para toda a extensão do reservatório da UHE Foz do Chapecó, não foi realizada sua discretização espacial. Entende-se, por assim dizer, que todo o reservatório a jusante se comporta como “uma célula única de um modelo”.

A Figura 5 e a Figura 6, a seguir, apresentam a envoltória máxima de inundação para o cenário de ruptura da UHE Monjolinho em dia seco e em dia chuvoso, respectivamente.



Figura 5 – Trecho de inundação a jusante da UHE Monjolinho – Cenário Dia Seco (Q_{MLT}). Envoltória de Ruptura (linha preta) e cheia natural (linha pontilhada azul).



Figura 6 – Trecho de inundação a jusante da UHE Monjolinho – Cenário Dia Chuvoso (TR 10.000 anos). Envoltória de Ruptura (linha preta) e cheia natural (linha pontilhada azul).

6 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo apresentar a inovação da construção das manchas de inundação induzidas pela ruptura hipotética da UHE Monjolinho, por meio de simulações computacionais de propagação de hidrogramas de ruptura no vale a jusante da referida UHE.

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que a metodologia iterativa proposta possibilitou, com a devida verossimilhança, a propagação da onda de ruptura da UHE Monjolinho nos trechos fluviais de interesse, inclusive no reservatório da UHE Foz do Chapecó, logo a jusante.

Mais especificamente, tal conclusão decorreu da análise dos níveis d'água obtidos a partir da aplicação da metodologia iterativa e dos resultados preliminares provenientes da simulação convencional, realizada com base nas equações completas de Saint Venant. Adicionalmente, os resultados obtidos para a última seção do estudo se mostraram coerentes com os dados telemétricos de operação do reservatório da UHE Foz do Chapecó apresentados no item 1.2.1.

Cabe destacar que, a depender, a aplicação das SWEs, por meio do uso do *software* HEC-RAS, pode atender às simulações de ruptura de barragens em caso de *Deep Water Waves*. No entanto, não foi possível reproduzir com precisão a condição real do vale a jusante utilizando o *software* HEC-RAS e as equações de “águas rasas”, sendo necessária a proposição de um método alternativo para tal.

Por fim, mediante o fato de não haver uma única metodologia para a modelagem hidrodinâmica de ruptura hipotética de barragens, este estudo se lançou à proposição e ao emprego de uma metodologia iterativa para resolver o problema, a qual compreende-se ser aplicável à propagação de hidrogramas de ruptura através de trechos fluviais que ensejem o trânsito das *Deep Water Waves*.

7 PALAVRAS-CHAVE

Modelagem Hidrodinâmica, Águas Rasas, Ruptura Hipotética, Puls Modificado, Mapa de Inundação, Águas Profundas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. (2010) – Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
- [2] ANEEL. (2023) – Resolução Normativa nº 1.064, de 02 de maio de 2023.
- [3] ANEEL. (2024) – “Banco de Dados Espaciais”. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/down/>.
- [4] ENGENHARIA CF. (2024) – “Topobatimetria UHE Monjolinho”.
- [5] REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL (2024) – “Sistema HIDRO – Telemetria”. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/down/>.
- [6] USACE-RAS. (2025) – “*River Analysis System, HEC-RAS v6.7 – User’s Manual.*” US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. 290p.

- [7] MORE, D., GAVIT, B., NANDGUDE, S. (2024). “*Hydrologic Engineering Centers-River Analysis System (HEC-RAS) - A Review*”. *Journal of Agriculture Research and Technology*, 49(01), 139–150. <https://doi.org/10.56228/jart.2024.49120>.
- [8] CHOW, V.T. (1959) *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York.

	Arielle Francisco ANDRADE Engenheira de Produção Civil pelo CEFET (2023) e atua na Enemax tanto na área de Hidrotecnia e Recursos Hídricos, como no time de Segurança de Barragens. Tem experiência na realização de Inspeção de Segurança Regular (ISR), Estudos hidrológicos e hidráulicos, Estudos de ruptura hipotética e apoio na elaboração e implantação dos Planos de Ação de Emergência.
	Mariana Francisca FERREIRA Silva Engenheira Civil pela UFMG (2020), Especialista em Recursos Hídricos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2023). Atua na Enemax tanto na área de Hidrotecnia e Recursos Hídricos, como no time de Segurança de Barragens. Tem experiência na realização de Revisão Periódica de Segurança (RPS), Inspeção de Segurança Regular (ISR), Análises de Instrumentação, Estudos hidrológicos e hidráulicos, elaboração e implantação dos Planos de Ação de Emergência.
	Osmar de Vasconcelos COSTA Engenheiro Civil Hidrotécnico pela UFMG (2000), com mestrado em Recursos Hídricos pela UFMG (2003), 'docente / consultor', com habilidade e experiência em: Matemática Avançada, Mecânica dos Fluidos, Hidráulica, Hidrologia e Recursos Hídricos. 25 anos de experiência, incluindo atuação internacional em países como Colômbia, Panamá, Angola e França.
	Arthur Bucciarelli ANDREETTA Engenheiro Civil pela UNESP - Campus de Ilha Solteira (2009-2016), Especialista em Engenharia Geotécnica pela Faculdade Unyleya (2018-2019), Especialista em Gestão de Riscos e Desastres pela Universidade Cruzeiro do Sul (2021-2022) e Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua (UNESP) Ilha Solteira (2018-2020). Atua como Engenheiro Especialista de Segurança de Barragens da Statkraft Energias Renováveis S.A.
	André Santos de Oliveira Furtado Engenheiro Eletricista pela UFMG (2006) e Mestre em Engenharia Elétrica pela UNICAMP (2009). Atua na Enemax desde 2012, na gestão e acompanhamento dos projetos Hidrotécnicos e de Recursos Hídricos, bem como na elaboração e implantação dos Planos de Ação de Emergência e Planos de Segurança de Barragens.