

ACESSO SUL **À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10**



FASE III – PROJETO DE EXECUÇÃO

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA PONTE
SOBRE A RIBEIRA DAS ROÇAS

JULHO 2024

EDA RENOVAVEIS**ESTUDO PRÉVIO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DO ACESSO SUL À
PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10****FASE III - PROJETO DE EXECUÇÃO****ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA PONTE SOBRE A RIBEIRA DAS ROÇAS**

Documento nº	40713-PE-0300-EH	Data:	31-07-2024
--------------	------------------	-------	------------

	Nome	Função	Assinatura
Elaborado	Susana Soares	Engenheira Civil-Hidráulica	
Verificado	Eva Jerónimo	Eng.ª Civil	
Aprovado	Paulo Soares	Eng.º Civil	

Registo de Revisões:

Revisão	Data	Elaborado	Verificado	Aprovado	Descrição
1.ª edição	31-07-2024	SDS	EJ	PCS	Estudo hidrológico e hidráulico

EDA RENOVAVEIS

ESTUDO PRÉVIO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DO ACESSO SUL À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10

FASE III - PROJETO DE EXECUÇÃO

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA PONTE SOBRE A RIBEIRA DAS ROÇAS

ÍNDICE

	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 LOCALIZAÇÃO GERAL E PRINCIPAIS CARATERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	2
3 ESTUDO HIDROLÓGICO DO CAUDAL DE CHEIA CENTENÁRIA.....	4
3.1 INTRODUÇÃO	4
3.2 BACIA HIDROGRÁFICA.....	4
3.3 CÁLCULO DO CAUDAL DE PONTA DE CHEIA CENTENÁRIA.....	5
4 ESTUDO HIDRÁULICO.....	6
4.1 INTRODUÇÃO	6
4.2 MODELO COMPUTACIONAL.....	6
4.3 RESULTADOS DO PROGRAMA	8
5 CONCLUSÕES	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor).....	8
Tabela 2 – Resultados do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor).....	8

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geral da ponte sobre a ribeira das Roças, na ilha de S. Miguel, Açores.....	2
Figura 2 – Fotografias da ribeira das Roças: vista de montante (esquerda) e leito principal (direita).....	2
Figura 3 – Geometria da secção transversal da ribeira das Roças no local da ponte	3

Figura 4 – Hipsometria da zona, com destaque para a confluência das duas linhas de água, a montante da secção da ponte sobre a ribeira das Roças.....	3
Figura 5 – Delimitação das bacias hidrográficas dos afluentes a montante da secção da ponte sobre a ribeira das Roças. Base cartográfica: Cartas Militares 1:25 mil	4
Figura 6 – Geometria do modelo hidráulico 2D no HEC-RAS.	7
Figura 7 – Coeficientes de rugosidade de Manning-Strickler adotados.	8
Figura 8 – Resultado de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)	9
Figura 9 – Resultado de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)	9

ANEXOS

ANEXO I: RESULTADOS DA SIMULAÇÃO NO HEC-RAS

EDA RENOVÁVEIS

ESTUDO PRÉVIO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DO ACESSO SUL À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10

FASE III - PROJETO DE EXECUÇÃO

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DA PONTE SOBRE A RIBEIRA DAS ROÇAS

1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Memória Descritiva do Estudo Hidrológico e Hidráulico da Ponte sobre a Ribeira das Roças, integrado no Fase de Projeto de Execução do projeto do “ACESSO SUL À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8, CL9 E CL10” no âmbito da implantação da conduta de transporte de geofluido até à Central Geotérmica da Ribeira Grande no setor Cachaços - Lombadas na área da Mata do Botelho, freguesia da Conceição, no concelho de Ribeira Grande, Ilha de S. Miguel, desenvolvido no âmbito do contrato celebrado entre a EDA Renováveis e a COBA, Consultores de Engenharia e Ambiente, S.A.

Para a nova ponte, que intersecta praticamente na perpendicular o eixo da ribeira, a obra desenvolve-se entre o km 00+150 e o km 00+178, dispõe de vão único livre de 28 m e uma largura de tabuleiro com 5 m. A altura livre entre a parte interior do tabuleiro da ponte e o ponto mais baixo da linha de água na secção é de aproximadamente 11 m. A ponte é em estrutura metálica em treliça.

O objetivo do estudo hidrológico e hidráulico consiste em determinar o caudal de cheia centenária e analisar o comportamento hidráulico da ribeira das Roças para esse mesmo caudal, a fim de determinar o nível de água na secção da futura ponte.

2 LOCALIZAÇÃO GERAL E PRINCIPAIS CARATERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

A ribeira das Roças corre no sentido Sudeste-Noroeste, em vale encaixado numa zona de mata fechada e bastante acidentada. A jusante é afluente da margem esquerda da ribeira Grande. O leito principal possui vegetação de pequeno porte e rochas de tamanho variável, formando pequenas piscinas e cascatas.

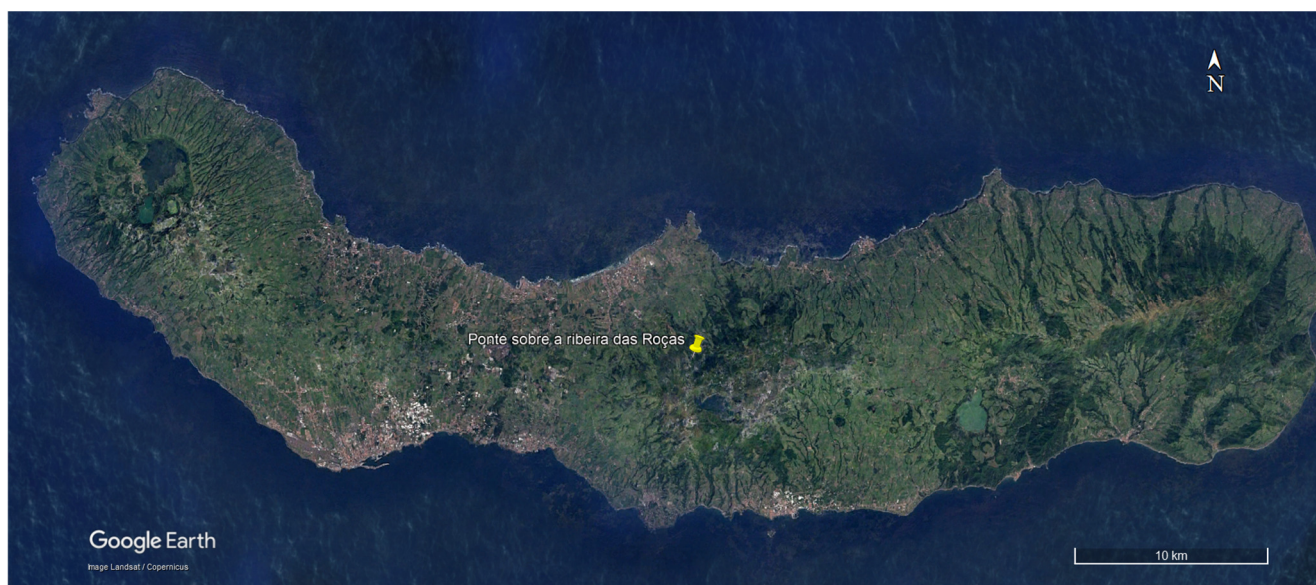


Figura 1 – Localização geral da ponte sobre a ribeira das Roças, na ilha de S. Miguel, Açores



Figura 2 – Fotografias da ribeira das Roças: vista de montante (esquerda) e leito principal (direita)

Tendo por base o levantamento topográfico fornecido pelo Cliente, foi possível aferir que a secção transversal no local da ponte apresenta uma cota mínima de 392 m e possui taludes laterais com inclinação de aproximadamente 80%.



Figura 3 – Geometria da secção transversal da ribeira das Roças no local da ponte

Aproximadamente 30 m a montante da secção da ponte ocorre a confluência de duas linhas de água, as quais serão analisadas no presente estudo hidrológico e hidráulico.

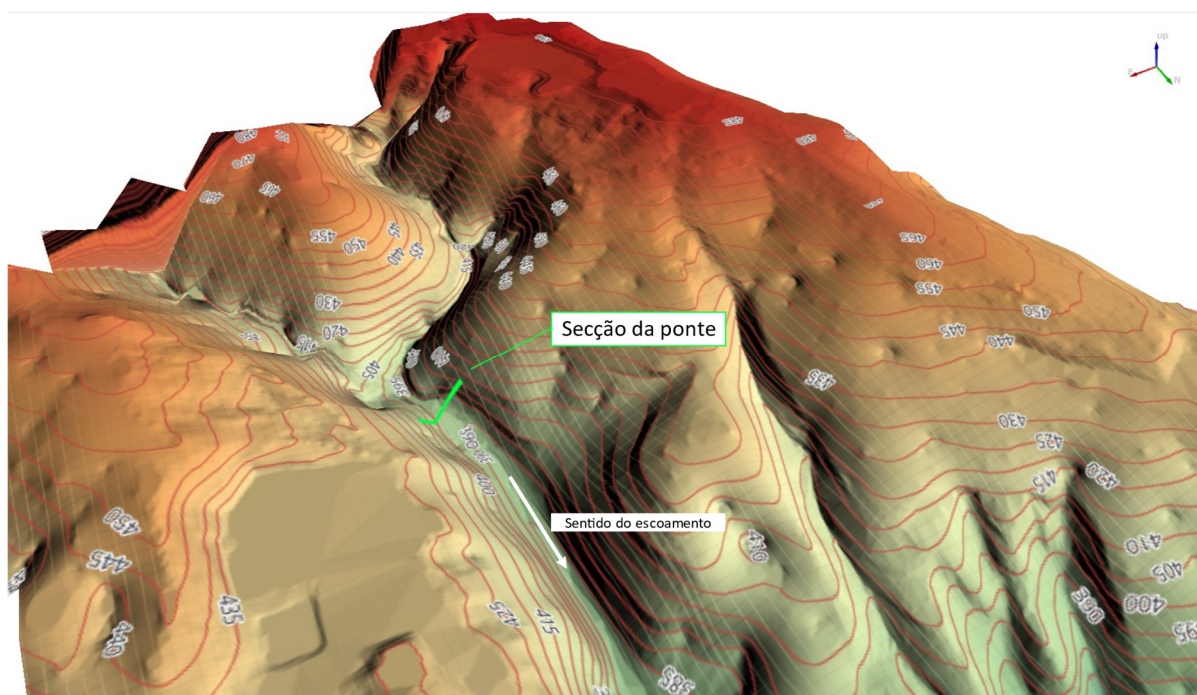


Figura 4 – Hipsometria da zona, com destaque para a confluência das duas linhas de água, a montante da secção da ponte sobre a ribeira das Roças

3 ESTUDO HIDROLÓGICO DO CAUDAL DE CHEIA CENTENÁRIA

3.1 INTRODUÇÃO

Apresenta-se de seguida a delimitação da bacia hidrográfica e a metodologia utilizada na estimativa do caudal de cheia centenária na secção da ponte sobre a ribeira das Roças.

3.2 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica total, delimitada na secção da ponte sobre a ribeira das Roças, apresenta uma área de aproximadamente 14,4 km². A mesma é constituída por duas sub-bacias hidrográficas, respetivamente com área de 0,58 km² e de 0,14 km². Na figura seguinte é apresentada a bacia hidrográfica total, com as duas sub-bacias hidrográficas diferenciadas.

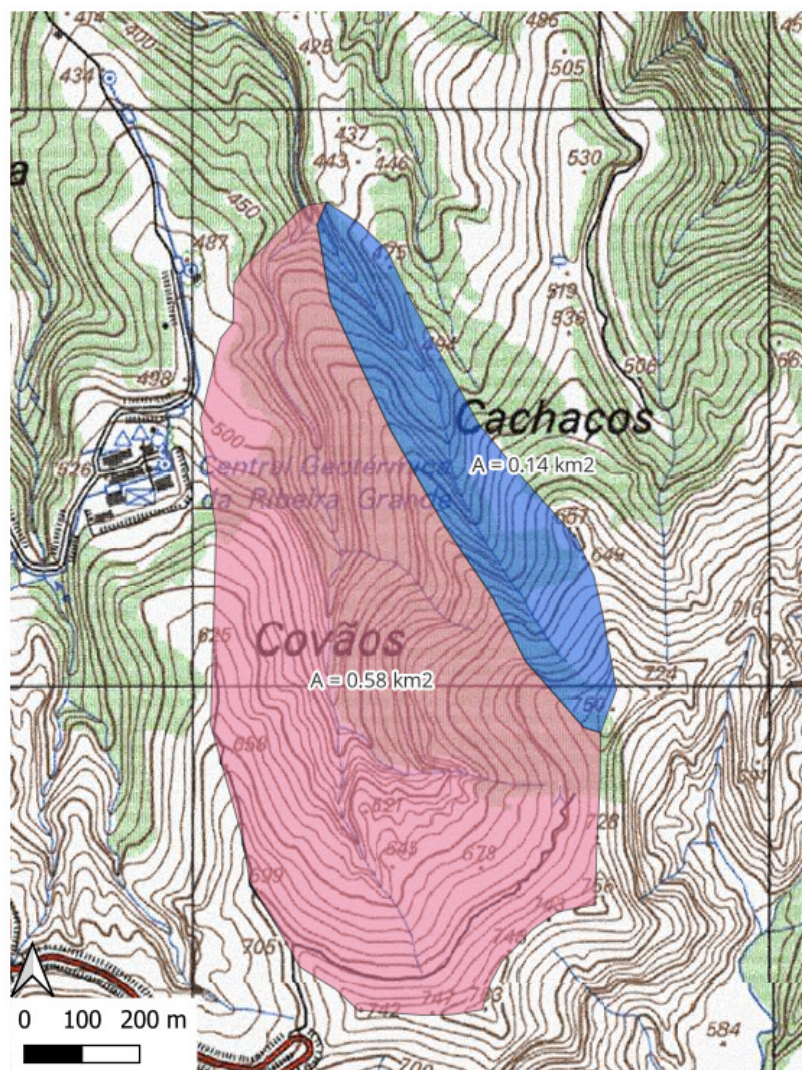


Figura 5 – Delimitação das bacias hidrográficas dos afluentes a montante da secção da ponte sobre a ribeira das Roças.
Base cartográfica: Cartas Militares 1:25 mil

3.3 CÁLCULO DO CAUDAL DE PONTA DE CHEIA CENTENÁRIA

O caudal de ponta de cheia centenária foi calculado tendo por base o caudal de ponta de cheia centenária específico estimado no estudo hidrológico desenvolvido no âmbito do Projeto para Concurso do Aproveitamento Hidroelétrico da Povoação (Ilha de S. Miguel), igualmente desenvolvido para a EDA Renováveis, em 2023.

No estudo hidrológico mencionado, foi utilizada como referência, ao nível da precipitação máxima, a publicação do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica “*O Clima de Portugal. Fascículo XLVI. Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação no Arquipélago dos Açores*”. Para o cálculo dos caudais de cheia, para diversos períodos de retorno, recorreu-se à fórmula racional. Os valores do coeficiente de escoamento C para cada período de retorno foram obtidos da publicação “Applied Hydrology”.

O caudal de ponta de cheia centenária específico obtido, para bacias hidrográficas com áreas similares às áreas das sub-bacias hidrográficas alvo do presente estudo, é da ordem de $20 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

Com base no referido caudal específico, obtiveram-se os caudais de cheia centenária para as duas sub-bacias alvo do presente estudo, respetivamente $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$, totalizando assim $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$ no local da ponte sobre a ribeira das Roças.

4 ESTUDO HIDRÁULICO

4.1 INTRODUÇÃO

O objetivo do Estudo Hidráulico consiste em analisar as condições de escoamento da ribeira das Roças, para a cheia centenária ($Q_{100}=14,4 \text{ m}^3/\text{s}$), com a nova ponte implantada e avaliar a folga existente sob o tabuleiro da nova ponte.

4.2 MODELO COMPUTACIONAL

Para a análise e determinação dos níveis de água foi utilizado o modelo hidráulico HEC-RAS, desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers (versão 6.4.1). O modelo foi desenvolvido em duas dimensões (2D).

A base topográfica utilizada para criação do modelo digital de elevação (MDE) foi fornecida pelo cliente. A malha de cálculo construída possui células com tamanhos entre 1 e 5 m, com maior detalhe na região do leito principal da linha de água. As condições de fronteira são três: duas a montante e uma a jusante. A primeira, identificada com o número 1 na Figura 6, representa o curso principal, que possui uma bacia hidrográfica com $0,58 \text{ km}^2$ e caudal de cheia centenária de $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$. A segunda, identificada com o número 2 na Figura 6, representa o curso secundário afluente ao primeiro, que possui uma bacia hidrográfica com $0,14 \text{ km}^2$ e caudal de $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Por fim, a condição de fronteira de jusante, identificada com o número 3 na Figura 6, é definida pela profundidade de escoamento normal, com declive de médio do talvegue de 0,045.

A fim de realizar uma análise de sensibilidade nas alturas de escoamento, foi considerado também um caudal duas vezes maior em cada uma das condições de fronteira citadas acima, totalizando um caudal de $28,8 \text{ m}^3/\text{s}$ na secção da ponte.

A geometria da ponte não inclui pilares de suporte, todo o vão da ponte é livre ao longo da secção transversal da ribeira, ou seja, não há obstruções ao escoamento. Portanto, não foi necessário incluir a geometria da ponte no modelo hidráulico.

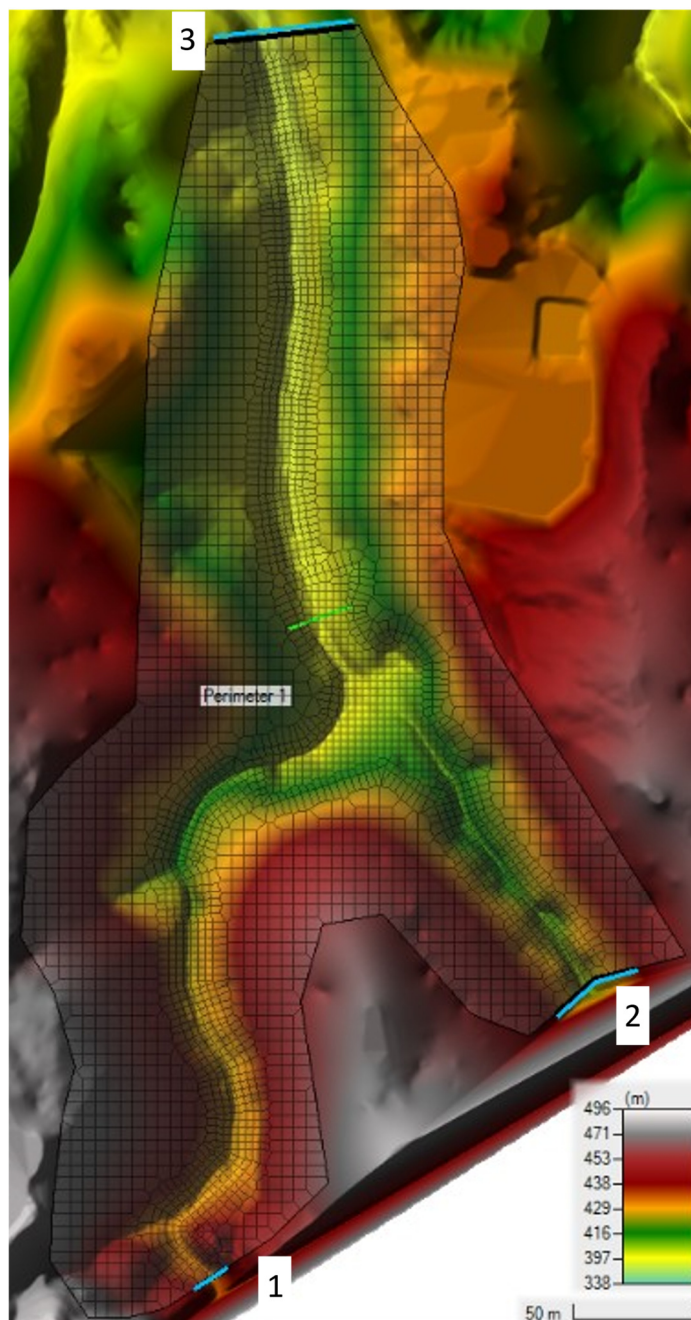


Figura 6 – Geometria do modelo hidráulico 2D no HEC-RAS.

Para o cálculo das perdas de carga, é necessário definir o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler, que tem em consideração o material do leito, as irregularidades do leito, o traçado em planta (sinuosidade) e a presença de obstáculos como seja vegetação, arbustos e árvores.

Tendo em conta que o leito principal possui vegetação de pequeno porte e rochas de diversos tamanhos, que formam piscinas e cascatas, considerou-se um valor de rugosidade igual a $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ e foi feita uma análise de sensibilidade utilizando o valor de $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ para o leito menor. Para o leito maior, onde se encontra uma vegetação mais densa, considerou-se o valor de $n = 0,20 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$.



Figura 7 – Coeficientes de rugosidade de Manning-Strickler adotados.

4.3 RESULTADOS DO PROGRAMA

Os resultados de profundidade e velocidade do escoamento obtidos com a simulação do HEC-RAS encontram-se apresentados na Tabela 1 para o cenário em que o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler no leito menor é igual a $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ e na Tabela 2 quando é igual a $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$.

Tabela 1 – Resultados do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

Variável	Caudal	Secção Montante	Secção da ponte	Secção a jusante
Profundidade (m)	14,4 m ³ /s (PR = 100 anos)	0,82	1,15	1,02
	28,8 m ³ /s	1,23	1,53	1,38
Velocidade (m/s)	14,4 m ³ /s (PR = 100 anos)	3,25	3,11	4,60
	28,8 m ³ /s	4,25	4,17	4,96

Tabela 2 – Resultados do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

Variável	Caudal	Secção Montante	Secção da ponte	Secção a jusante
Profundidade (m)	14,4 m ³ /s (PR = 100 anos)	1,01	1,31	1,15
	28,8 m ³ /s	1,47	1,73	1,55
Velocidade (m/s)	14,4 m ³ /s (PR = 100 anos)	2,61	2,56	3,37
	28,8 m ³ /s	3,43	3,42	4,03

Os resultados obtidos com o HEC-RAS revelam que mesmo com a análise de sensibilidade das premissas para o caudal e para o coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler, a altura máxima de escoamento na secção da ponte é de 1,31 m para a cheia centenária ($Q_{100}=14,4 \text{ m}^3/\text{s}$) e de 1,73 m para o dobro deste caudal.

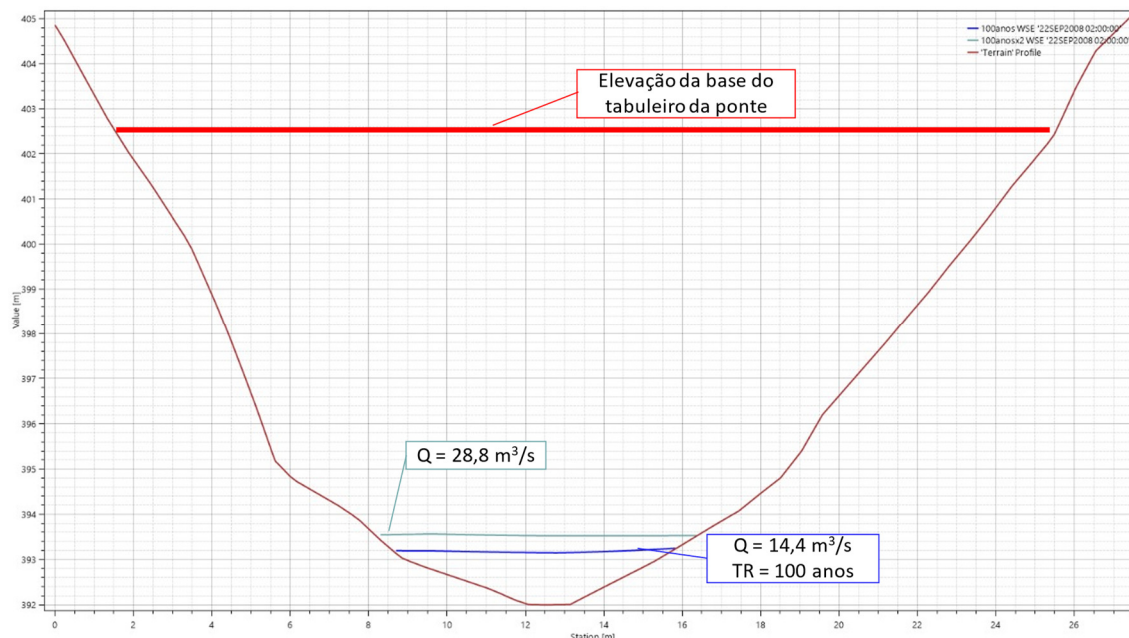


Figura 8 – Resultado de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

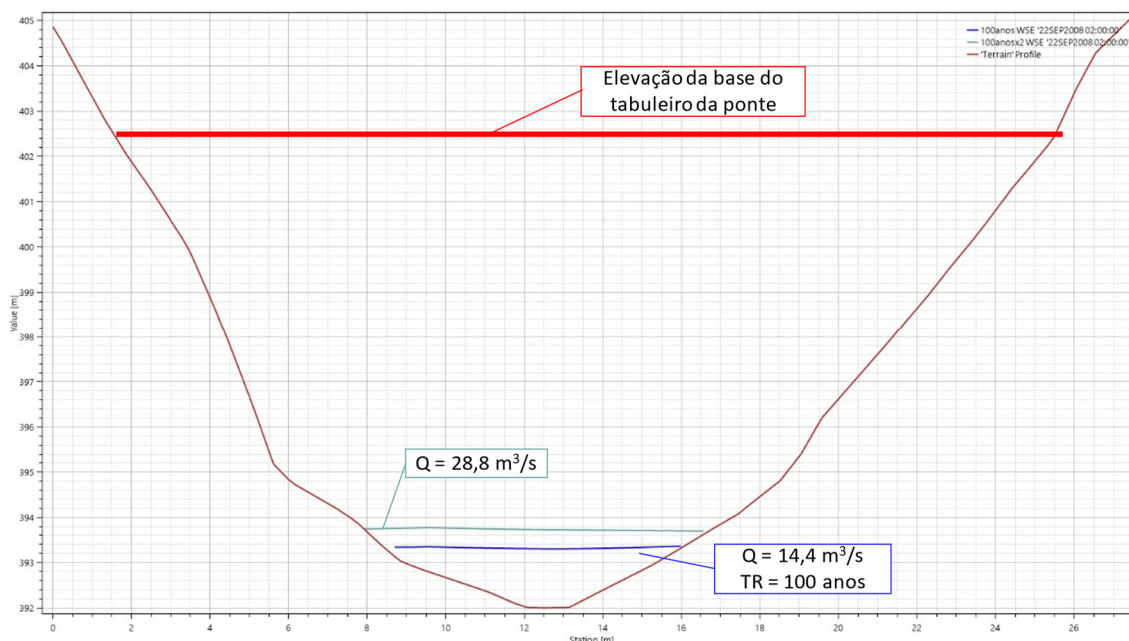


Figura 9 – Resultado de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

As velocidades resultantes variam entre 2,61 e 4,96 m/s no troço modelado, o que pode implicar em escoamentos com destroços (vegetação arrancada, rochas do leito, etc) no caso de uma cheia.

No Anexo I estão apresentados os resultados do modelo.

5 CONCLUSÕES

O estudo efetuado permite concluir que o nível de cheia centenário ($NMC_{100} = 393,31$ m) não afeta de forma significativa pelo vão livre da ponte, permitindo uma folga de aproximadamente 9,7 m. O cenário que considera o dobro do caudal centenário resulta numa folga de aproximadamente 9,3 m.

Ressalva-se que o estudo considera apenas o caudal líquido, dada a ordem de grandeza das velocidades resultantes e a presença de vegetação e rochas do leito. A existência desta folga é importante caso ocorra uma cheia com elevado caudal sólido.

Recomenda-se que após precipitações intensas seja efetuada uma inspeção visual da ribeira na região da ponte, a fim de remover destroços (troncos de árvores, pedras, etc) que possam impedir ou obstruir o escoamento.

ANEXOS

ANEXO I: RESULTADOS DA SIMULAÇÃO NO HEC-RAS

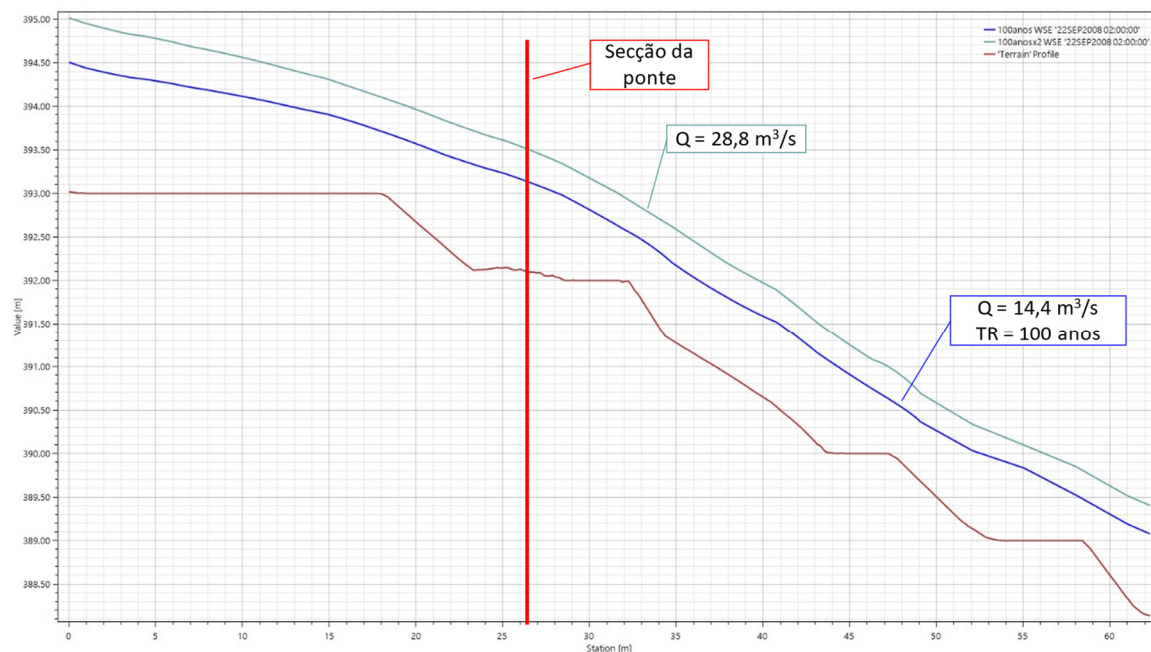


Figura I. 1 – Perfil longitudinal dos resultados de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

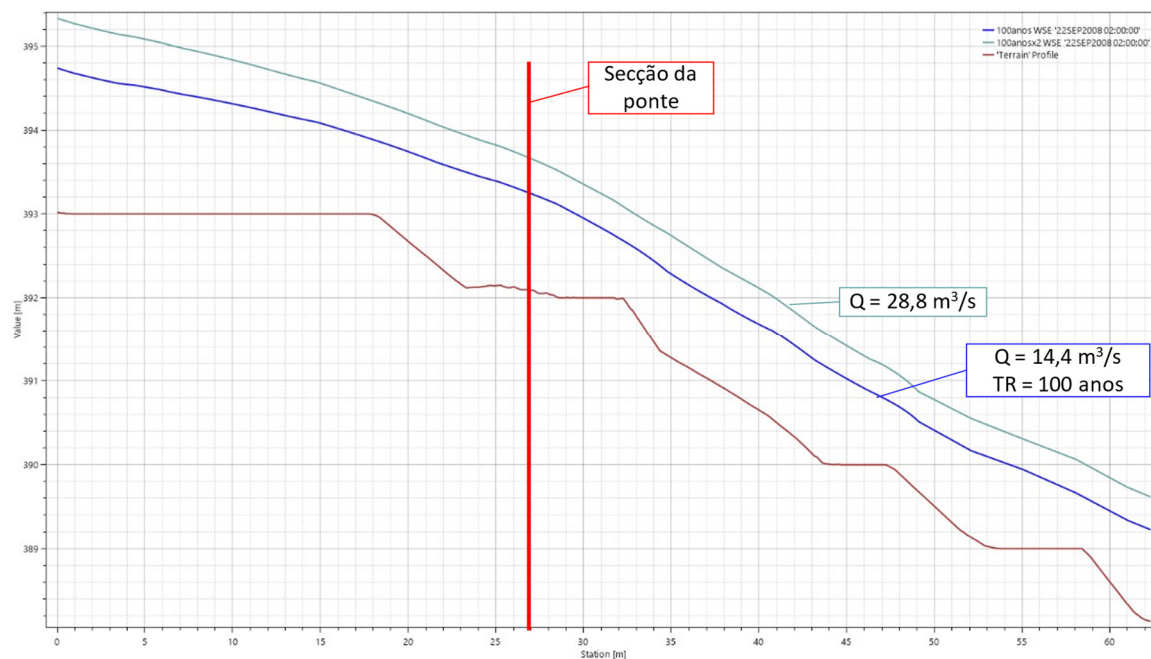


Figura I. 2– Perfil longitudinal dos resultados de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

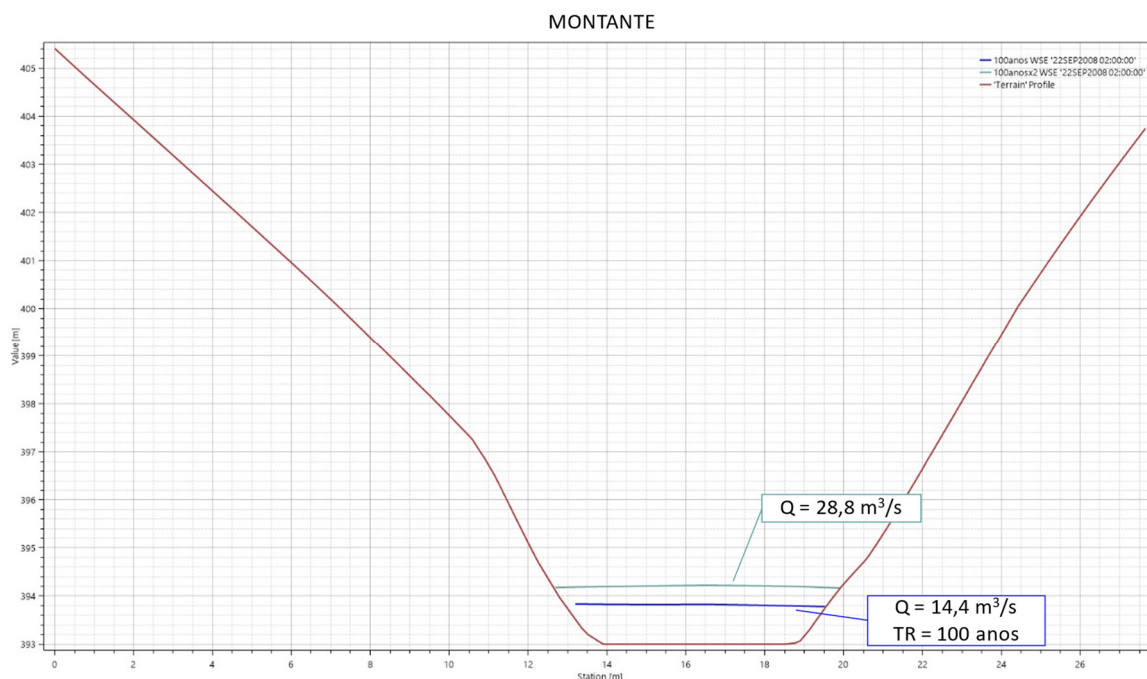


Figura I. 3– Perfil transversal dos resultados de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS na secção a montante da ponte – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

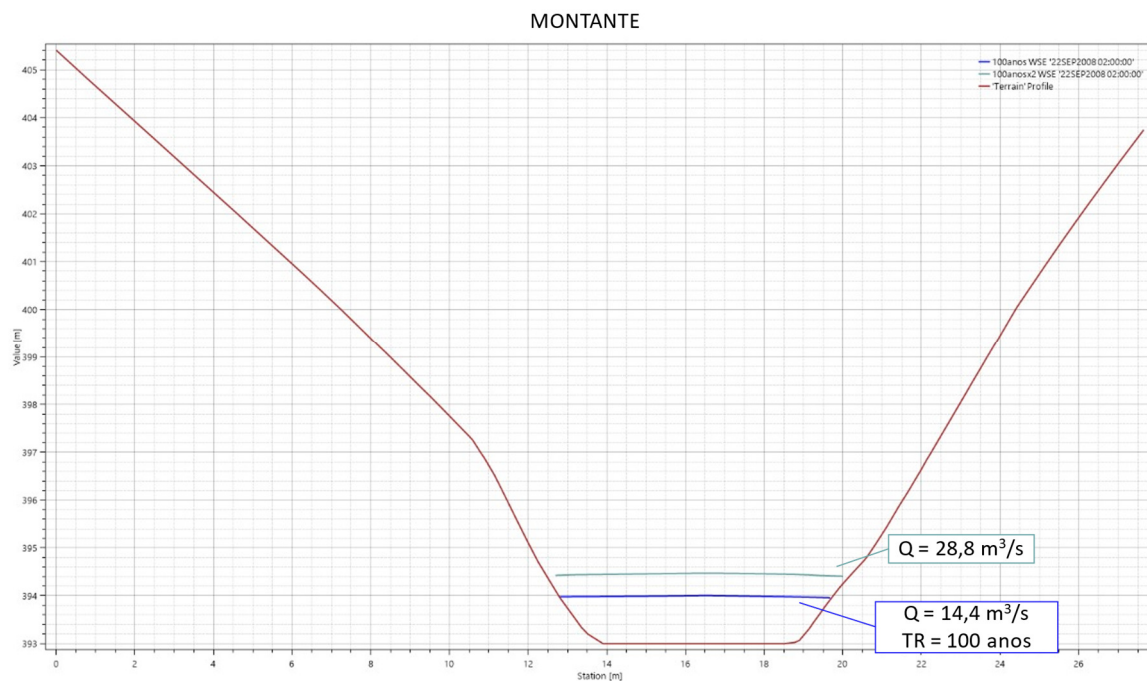


Figura I. 4 – Perfil transversal dos resultados de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS na secção a montante da ponte – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

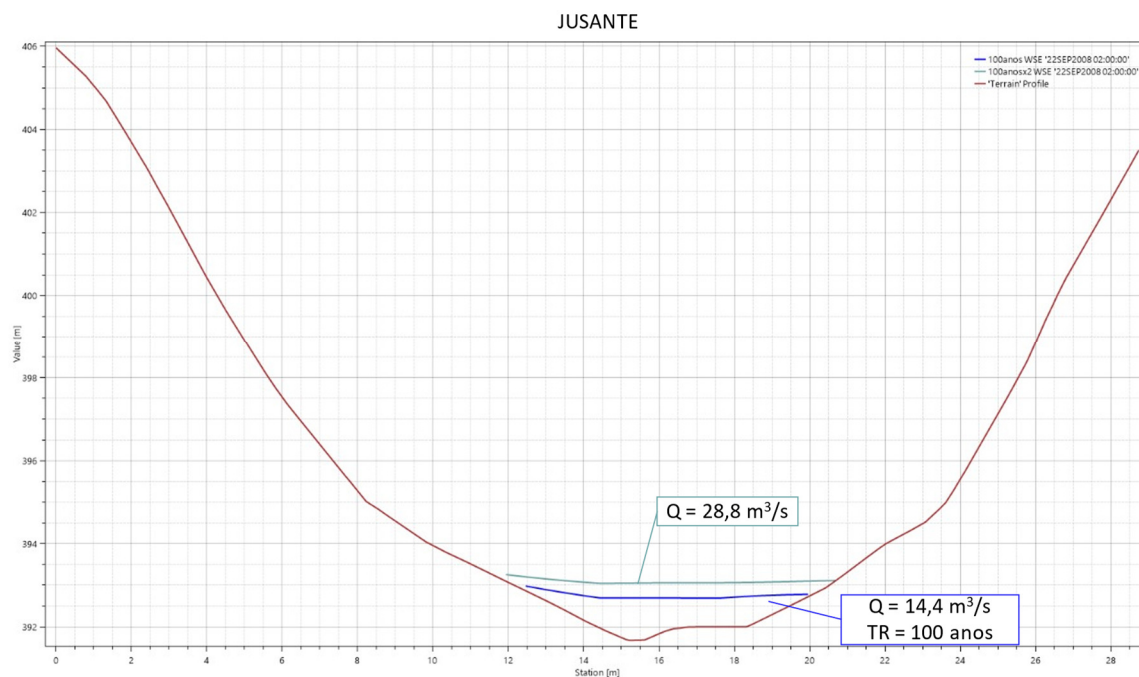


Figura I. 5 – Perfil transversal dos resultados de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS na secção a jusante da ponte – $n = 0,07 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)

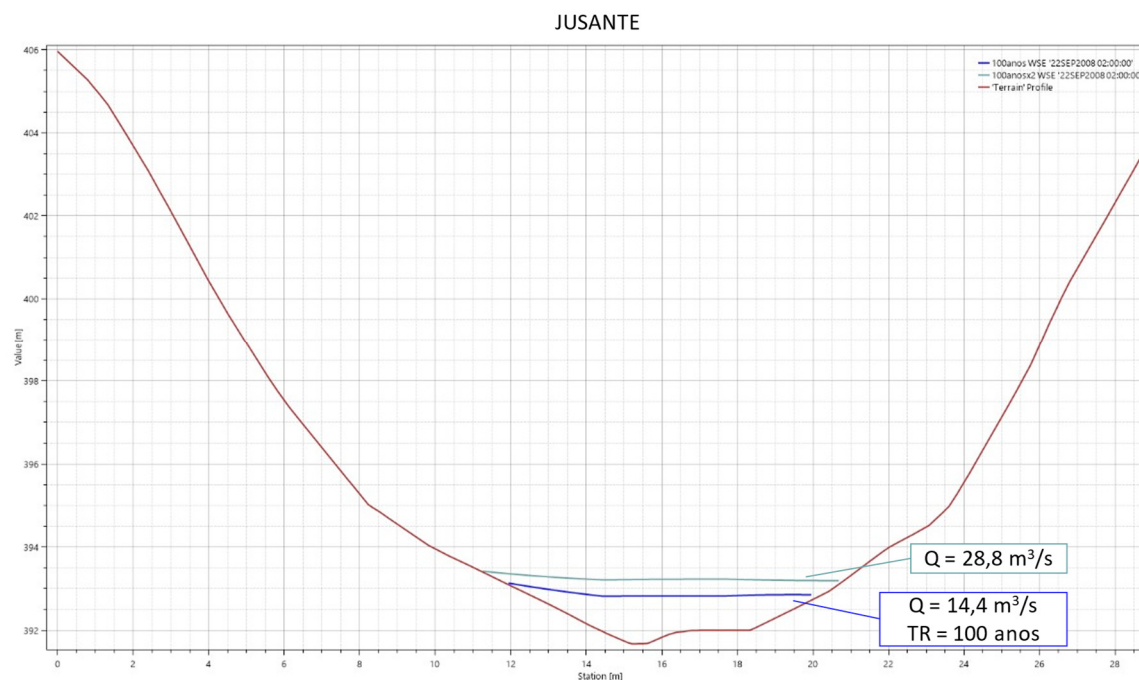


Figura I. 6 – Perfil transversal dos resultados de altura de escoamento do modelo hidráulico no HEC-RAS na secção a jusante da ponte – $n = 0,10 \text{ m}^{-1/3}/\text{s}$ (leito menor)