



**CASCAIS**  
CÂMARA MUNICIPAL

## **BCCAML Portugal II, S.A.**

FASE 3 – RELATÓRIO DE PROPOSTA

ALTERAÇÃO DO PLANO DE PORMENOR  
DO ESPAÇO DE REESTRUTURAÇÃO URBANÍSTICA  
DA QUINTA DO BARÃO, CARCAVELOS

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO DA RIBEIRA DE SASSOEIROS

MAIO 2023



## BCCAML Portugal II, S.A.

### ALTERAÇÃO DO PLANO DE PORMENOR DO ESPAÇO DE REESTRUTURAÇÃO URBANÍSTICA DA QUINTA DO BARÃO, CARCAVELOS

#### ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO DA RIBEIRA DE SASSOEIROS

#### ÍNDICE

1- NOTAS INTRODUTÓRIAS.....	3
2- CONTEXTO E PRESSUPOSTOS DE ALTERAÇÃO.....	4
3- ESTUDO HIDROLÓGICO .....	7
3.1- Objetivo .....	7
3.2- Caracterização da bacia hidrográfica .....	8
3.3- Precipitações máximas com duração diferente de 24h.....	11
4- ESTUDO HIDRÁULICO .....	12
4.1- Cálculo dos níveis de cheia.....	12
4.2- Medidas a implementar .....	14
5- ANÁLISE DO EFEITO DA SOBRELEVAÇÃO NA SUPERFÍCIE LIVRE DA LÂMINA DE ÁGUA NOS TERRENOS.....	19

#### Índice de quadros

Quadro 1 – Características da bacia hidrográfica do Ribeira Sassoeiros.....	10
Quadro 2 – Valores do tempo de concentração da bacia hidrográfica do Ribeira Sassoeiros.....	10
Quadro 3 – Características do escoamento em regime uniforme para o caudal centenário presente.....	13

#### Índice de figuras

Figura 1: Planta de Implantação da Proposta de alteração.....	6
Figura 2: Perfil longitudinal de Implantação da Proposta de alteração .....	15
Figura 3 – Identificação do troço “norte” .....	15
Figura 4: Representação do perfil transversal “norte”.....	16
Figura 5 – Identificação do canal reformulado .....	17
Figura 6 – Representação do perfil transversal “vinha”.....	18
Figura 7: Representação da zona inundável (a branco) para um período de retorno de 500 anos.....	19

#### Índice de fotos

Foto 1 - Ribeira de Sassoeiros.....8  
Foto 2 - Passagem Hidráulica na rotunda da EN6-7 / Rua Joaquim José de Almeida.....8

## 1- NOTAS INTRODUTÓRIAS

O presente documento refere-se ao Relatório do Estudo Prévio relativo ao estudo hidrológico e hidráulico da Ribeira de Sassoeiros, inserida na Quinta do Barão, em que se pretende fazer a Alteração do Plano de Pormenor do Espaço de Reestruturação Urbanística (Carcavelos), abreviadamente designado por PPQB ao longo do presente documento.

A presente fase corresponde ao Relatório de Proposta, constituindo uma etapa intermédia entre os Estudos de Caracterização, anteriormente entregues, e a Proposta de Plano. Esta assume-se como a primeira aproximação às alterações pretendidas em termos de usos e indicadores, bem como às resultantes da ponderação das participações em sede de participação pública inicial. Ou seja, foram ponderadas as diversas expectativas e condicionamentos em causa em articulação com o atual quadro de referência estratégico.

A alteração agora apresentada procura, ainda, simplificar e clarificar os conteúdos do plano em vigor, quer ao nível de planta de implantação, quer ao nível da regulamentação e explicitação das propostas.

Trata-se de uma fase crucial de reflexão e consolidação de objetivos e princípios de alteração para permitir avançar com maior solidez e rigor para a fase seguinte de proposta de plano, quer ao nível do desenho urbano, quer de todas as componentes e infraestruturas a ele associadas, nomeadamente a execução e programação.

## 2- CONTEXTO E PRESSUPOSTOS DE ALTERAÇÃO

Por se assumir como guião das alterações, este documento tem como base:

1 - O Estudo Hidráulico, datado de outubro de 2006, elaborado no âmbito do Plano de Pormenor do Espaço de Reestruturação Urbanística da Quinta do Barão, que aborda o regime de escoamento da cheia centenária da bacia hidrográfica da Ribeira de Sassoeiros.

2 - Relatório Final do Estudo Prévio, com datado de novembro de 2019, elaborado pela Sisidro Lda para a Câmara Municipal de Cascais, para a realização do Estudo Prévio de Regularização e Renaturalização da Ribeira de Sassoeiros.

De entre os estudos hidrológicos e hidráulicos utilizados para a elaboração do documento referido no ponto 2, destacam-se os que foram elaborados pela empresa Hidroprojecto, tanto para a delimitação das zonas de inundação, como para a própria regularização fluvial da ribeira de Sassoeiros. Os estudos hidrológicos da Hidroprojecto para a delimitação das zonas de inundação ("Elaboração da carta de áreas inundadas do Concelho de Cascais para o período de retorno de 100 anos", janeiro de 2010), para além de terem sido utilizados como ferramenta para a delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN), têm vindo também a servir de base a muitos outros estudos.

O Relatório Final do Estudo Prévio elaborado pela Sisidro Lda, foi analisado e complementado por visitas ao campo, por forma a se poder ter uma perspetiva atual e completa da situação atual e existente.

De acordo com o Estudo Hidráulico de 2016 (referido no ponto 1), foi na altura detetado como ponto fraco do sistema a passagem hidráulica sob a Rua Dr. Baltazar Cabral, no limite do PP. O objetivo do presente estudo é o da avaliação da capacidade de vazão da(s) obra(s) hidráulica(s) existente(s).

Para o efeito fez-se, para as secções do estudo, a análise hidrológica no sentido de determinar o caudal de cheia do projeto. Tal foi realizado com recurso a fórmulas empíricas cinemáticas ou com recurso a Modelos Estatísticos em função da importância da linha de água e dos dados hidrológicos disponíveis para o efeito.

Foi consultada a literatura da especialidade e informação disponibilizada pelas autoridades responsáveis pelos recursos hídricos em Portugal. Para a obtenção do caudal de cheia propõe-se também o período de retorno mínimo de 100 anos.

No âmbito do estudo foi realizada uma visita ao local para inspeção não só das obras hidráulicas na secção em análise, mas também da área envolvente.

Nesse sentido, quanto aos aspetos de ordenamento do território e de execução do plano foram definidos os pressupostos a ter em consideração na alteração do Plano de Pormenor, bem como na sua posterior concretização:

A proprietária da Quinta do Barão executa a obra hidráulica de regularização da Ribeira de Sassoeiros prevista no Plano, sujeita às orientações e acompanhamento da Câmara Municipal;

No que respeita a interações com as Servidões Administrativas e as Restrições de Utilidade Pública, a alteração do PPQB pretende assegurar que:

- No caso da Reserva Agrícola Nacional (RAN): Uma vez que a totalidade da AI do PP está classificada como Solo Urbano no PDM-Cascais e, que de acordo com o n.º 1 do Artigo 10.º do Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 de março, que aprovou o Regime Jurídico da Reserva Agrícola Nacional (RJAN), “(...) não integram a RAN as terras ou solos que integrem o solo urbano identificado nos planos territoriais de âmbito intermunicipal ou municipal (...)”. Esta condicionante deve ser eliminada da AI do PP.
- No caso da Reserva Ecológica Nacional (REN), a delimitação aprovada com o PPQB corresponde ao cenário aprovado pela CNREN no âmbito do PPQB, porém a REN oficial constante da posterior revisão do PDM e com depósito na CCDRLVT difere da publicada no PP. Sendo esta posterior e oficial é a que prevalece, no entanto será agora testada em função de estudo hidráulico e do projeto de regularização da Ribeira de Sassoeiros. Em consequência será, e após estabilizados esses estudos será ponderada a eventual necessidade de alteração da REN seguindo os procedimentos previstos no regime legal aplicável.

Por fim, é ainda objetivo da alteração do PP, promover a integração da sua área de intervenção na Área de Reabilitação Urbana de Carcavelos (ARU-Carcavelos).

Figura 1: Planta de Implantação da Proposta de alteração



Fonte: PPOB.2021.NRV

### 3- ESTUDO HIDROLÓGICO

#### **3.1- Objetivo**

O objetivo principal do estudo hidrológico é calcular o caudal de cheia produzido pela bacia hidrográfica da Ribeira de Sassoeiros e em consequência, enunciar as principais atuações a empreender, que permitam dotar os órgãos hidráulicos associados das características necessárias para se poder aceitar que, para um dado período de retorno associado à precipitação, não sejam inundados os terrenos limitrofes da Ribeira e que incorporam a área do plano.

Para o efeito considerou-se que a cheia de referência seria a que corresponde a um período de retorno de 100 anos.

O Estudo considerou o regime da precipitação mais intensa provável e também um hidrograma de cheia gerado pelo Método do "Soil Conservation Service".

O estudo tomou como referência a informação altimétrica da Bacia à escala 1:2000 fornecido pela Câmara de Cascais, assim como o levantamento topográfico efetuado pela NRV em setembro de 2020.

Conforme referido, foi realizada uma visita de inspeção ao local para análise das obras hidráulicas na secção em análise e também da envolvente. O objetivo da visita foi fazer o enquadramento do local, avaliar as condições existentes, verificar eventuais processos de controlo humano ou mudanças no caminho natural do curso de água, caracterizar elementos do sistema necessários ao estudo e detetar indícios que permitam, à posteriori, ajudar na tomada de decisão. A análise foi complementada com a avaliação das fotografias aéreas do "google maps", no sentido de avaliar a ocupação do solo da área da bacia hidrográfica.

Evidenciam-se os seguintes órgãos hidráulicos nesta envolvente que serão objeto de análise:

- Passagem hidráulica (2,0 x 1,5 m ( B-H)) sob a Rua Dr. Baltazar Cabral.
- Passagem hidráulica (4,0 x 3,0 m (B-H)) sob a Rotunda da Rua Dr. José Joaquim de Almeida.

O leito principal da linha de água, ao longo da zona em estudo é caracterizado por uma secção regular em gabiões e num antigo pequeno canal retangular com rasto rochoso relativamente liso e paredes em alvenaria de pedra e cal.



Foto 1 - Ribeira de Sassoeiros



Foto 2 - Passagem Hidráulica na rotunda da EN6-7 / Rua Joaquim José de Almeida

### **3.2-** Caracterização da bacia hidrográfica

As principais características da bacia hidrográfica da Ribeira de Sassoeiros encontram-se compiladas no Quadro 1. A bacia situa-se na zona Centro Oeste de Portugal, entre as cotas 140 e 20 m, possuindo uma forma alongada, com uma área de 6,9 km<sup>2</sup>.

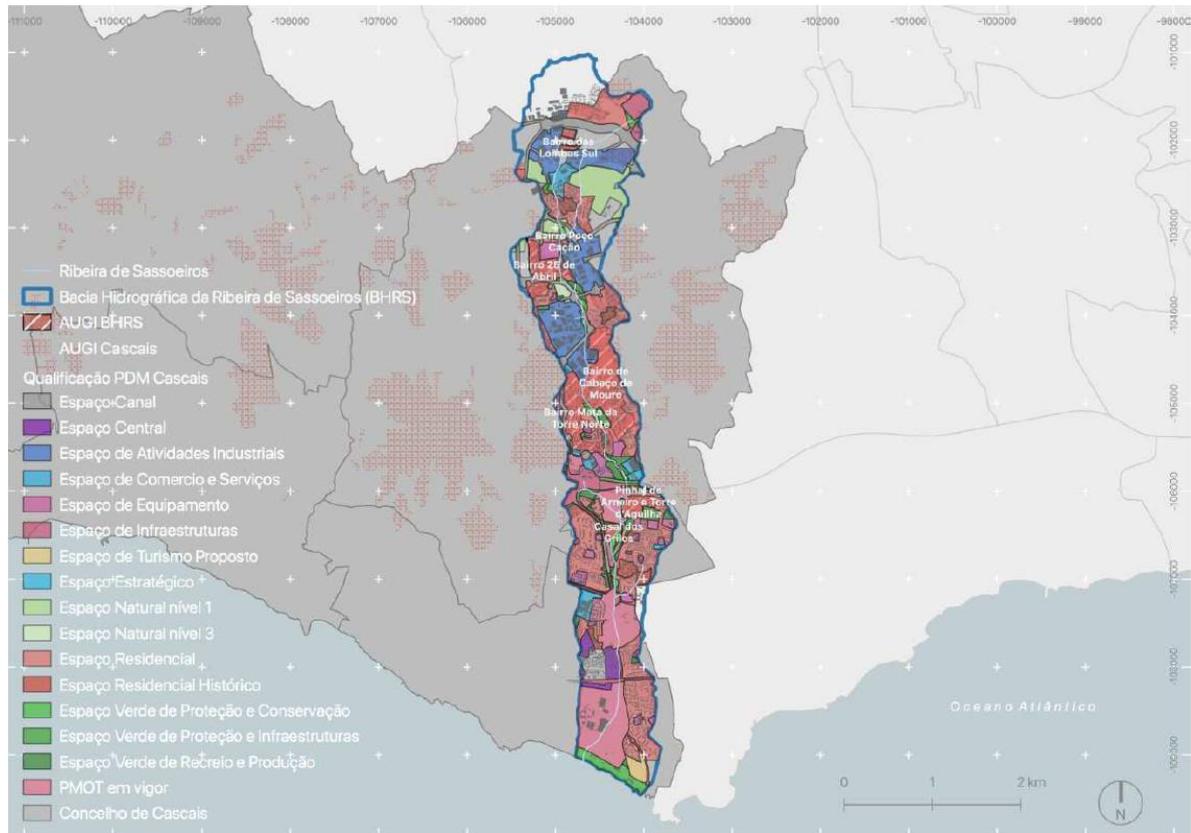


Figura 3 - Bacia hidrográfica do Ribeira Sassoieiros (PDM de Cascais)

A Bacia Hidrográfica da Bacia de Sassoieiros desenvolve-se ao longo de aproximadamente 8 km, segundo a direção Norte-Sul, desde a zona de Trajouce e Cabra Figa, a montante, até à praia de Carcavelos, a jusante.

Do ponto de vista de identificação da tipologia dos terrenos atravessados, pode sintetizar-se que zona em estudo é caracterizada fundamentalmente por calcários e por solos de elevado potencial de escoamento superficial, isto é, por solos com intensidades de infiltração baixas, sobretudo quando humedecidos.

Grande parte da bacia, salvo a própria Quinta do Barão e também algumas zonas com sub-bacias a montante, é constituída por zonas urbanizadas e impermeabilizadas, verificando-se a existência de uma multiplicidade de zonas impermeabilizadas com ligação direta à linha de água principal. Esta situação evidência com grande incidência no centro de gravidade da Bacia. As medições realizadas nesta fase sobre a cartografia disponível, indicam que atualmente, grosso modo, 50% da área esteja impermeabilizada e que desta, 25% corresponda a áreas impermeabilizadas que drenam diretamente para a Ribeira dos Sassoieiros.

Quadro 1 – Características da bacia hidrográfica do Ribeira Sassoeiros.

Características da bacia hidrográfica da Ribeira Sassoeiros	
Área (km <sup>2</sup> )	6.9
Cota máxima da Linha de água principal (m)	140
Cota mínima da Linha de água principal (m)	20
Comprimento da linha de água principal (m)	8000
Declive médio da linha de água principal (m/m)	0.015

No Quadro 2, apresentam-se os valores dos tempos de concentração obtidos por aplicação das fórmulas indicadas, bem como o valor médio final adotado.

Quadro 2 – Valores do tempo de concentração da bacia hidrográfica do Ribeira Sassoeiros.

Bacia hidrográfica	Manning V.T.Chow (1959)	Kerby (1959)	Kirpisch (1940)	Fórmula da onda cinemática (1975)	Natural Resources Conservation Service (ex SCS) 1975	Bramsbys Williams equation (1922)	Federal Aviation Agency equation (1970)
Sassoeiros	70	31	93	31	74	175	143

Para estimar o tempo de concentração da bacia, foram ainda considerados os seguintes parâmetros.

Coefficiente de rugosidade das encostas segundo Manning – 0,08

Coefficiente de retardamento – 0,35

Coefficiente Racional de escoamento – 0,50

Intensidade de precipitação inicial – 51mm/hora

Coefficiente de retardamento das encostas – 0,017

N.º CN (SCS) para as condições CNIII= 96 (para um Valor máximo de 100)

A média ponderada dos tempos de concentração indica um valor de  $t_c=81$  minutos. A forma alongada da bacia, com uma linha de água principal predominante e de forte inclinação, justifica o facto da fórmula de verificação de velocidades ao longo do seu percurso seja a mais ajustada (fórmula de Manning- Chow).

$$T_c = 2,8 (L/s^{0,5})^{0,47}$$

em que:

$T_c$  – tempo de concentração (h);

$L$  – comprimento da linha de água principal (km);

$s$  – declive da linha de água principal, entre 10 e 85% de  $L$  (m/km).

### 3.3- Precipitações máximas com duração diferente de 24h

As precipitações com durações ( $D$ ) inferiores a 24 h foi obtida mediante multiplicação da precipitação máxima diária ( $P_{D=24h}$ ), anteriormente determinada, pelos coeficientes de repartição  $P_D/P_{24}$  dados pela seguinte expressão:

$$P_D/P_{24} = aD^{1+b}/(aD_{24}^{1+b})$$

em que :

$P_D / P_{24}$  – quociente entre as precipitações com o mesmo período de retorno  $T$  e as durações  $D$  e 24 h obtido através da aplicação das Curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF, Brandão et al, 2004);

$a$  e  $b$  – parâmetros das curvas IDF (Brandão *et al*, 2004) deduzidas para o posto udográfico mais próximo da bacia em análise.

**Tabela 4.1 (2/3) – Parâmetros de curvas IDF estabelecidos com base em precipitações intensas registadas em postos udográficos do Continente.**

		Períodos de retorno (anos)															
		2		5		10		20		50		100		500		1000	
Posto udográfico		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
21C/02	Lisboa (Portela)	359.15	-0.711	417.04	-0.665	461.54	-0.647	506.26	-0.634	565.82	-0.623	611.24	-0.616	717.68	-0.605	763.86	-0.602

Em resultado do exposto, o caudal de ponta na secção de estudo da Ribeira de Sassoeiros é de 46,0 m<sup>3</sup>/s.

A altura da cota máxima da lâmina de água, bem como as características do escoamento foram determinadas recorrendo ao programa de cálculo automático “Flow Master” / “Hec-Ras”, apresentando-se no Anexo I/II o correspondente “output”.

#### 4- ESTUDO HIDRÁULICO

##### **4.1-** Cálculo dos níveis de cheia

A altura da cota máxima da lâmina de água, bem como as características do escoamento foram determinadas recorrendo ao programa de cálculo automático "Flow Master" / "Hec-Ras", apresentando-se no Anexo II o correspondente "output".

Admitiu-se que para a cheia de projeto, o leito da ribeira se mantinha estável, com exceção de uma ligeira correção, fundo fixo, considerando-se o escoamento uniforme e adotando-se a equação de Manning para estimar os níveis de cheias. Assim,

$$Q = 1/n A R^{2/3} i^{1/2}$$

em que:

Q – Caudal (m<sup>3</sup>/s);

n – coeficiente de rugosidade (m<sup>-1/3</sup>s);

A – área da secção transversal do escoamento (m<sup>2</sup>);

R – raio hidráulico (m);

i – inclinação do leito (m/m).

Os valores do coeficiente de Manning adotados foram para o leito principal n = 0,030 m<sup>-1/3</sup>s e para as margens n = 0,020 m<sup>-1/3</sup>s, tendo em conta as características de leito e margens como correspondendo às situações de "rio limpo, retilíneo" e de "canais abertos em rocha irregular".

Com base nas cartas militares 25 000 foi calculada admitida uma inclinação média do fundo de 0,01 m/m.

Para o caudal centenário de 46,0 m<sup>3</sup>/s procedeu-se com o cálculo hidráulico obtendo-se as seguintes características do escoamento na secção - Quadro 3.

Quadro 3 – Características do escoamento em regime uniforme para o caudal centenário presente.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Alignment	481.22	PF 1	46.00	21.78	23.62		24.02	0.006028	2.79	16.48	13.96	0.82
Alignment	450	PF 1	46.00	21.55	23.34	23.24	23.80	0.007392	3.02	15.23	13.30	0.90
Alignment	400	PF 1	46.00	21.08	23.33		23.52	0.002476	1.97	23.43	17.97	0.54
Alignment	364.16	PF 1	46.00	20.64	23.43	21.56	23.46	0.000194	0.72	63.55	31.61	0.16
Alignment	358		Culvert									
Alignment	338.91	PF 1	46.00	20.27	22.51		22.57	0.000497	1.03	48.11	44.35	0.25
Alignment	300	PF 1	46.00	19.64	22.14	22.14	22.49	0.006988	2.55	18.08	28.13	0.57
Alignment	250	PF 1	46.00	19.09	21.58	21.58	21.91	0.006498	2.46	18.46	27.91	0.55
Alignment	200	PF 1	46.00	18.54	21.04	21.04	21.41	0.005438	2.26	18.37	27.98	0.50
Alignment	150	PF 1	46.00	17.99	20.33	20.33	20.86	0.008087	2.69	14.50	14.77	0.61
Alignment	100	PF 1	46.00	16.51	17.94	17.94	18.48	0.009269	3.25	14.13	13.20	1.00
Alignment	50	PF 1	46.00	15.16	17.87		17.95	0.000751	1.25	36.68	21.79	0.31
Alignment	0	PF 1	46.00	14.75	16.85	16.85	17.77	0.012566	4.26	10.80	5.89	1.00

Sendo o valor do número de Froude normalmente menor do que 1, verifica-se que o escoamento da cheia centenária se dá em regime sub-critico ou lento.

Após análise do estudo elaborado anteriormente, aquando da elaboração da versão anterior do Plano de Pormenor da Quinta do Barão, confirma-se que o ponto fraco do sistema é a atual passagem hidráulica (2,0 m x 1.5 m ( B-H)) sob a Rua Dr. Baltazar Cabral, no limite do (PPERUQB).

De facto, esta passagem hidráulica retangular é insuficiente para o escoamento da cheia centenária, mesmo considerando-se apenas o modelo de caracterização existente que não incorpora ainda a situação futura prevista e que traduzirá uma maior impermeabilização da área da bacia e que agravará por certo os caudais de cálculo que deverão ser determinados especificamente para cada uma das obras de reestruturação que venham a ser determinadas na fase seguinte do estudo. Como alternativa à construção de uma obra nova poderá ser encarda o complemento conseguido através de colocação de novos atravessamentos, paralelos, proporcionado uma largura superior à existente que comporte o atravessamento do caudal de cálculo, dotando, portanto, a passagem atual de uma área útil de vazão superior à existente.

A ribeira na zona de estudo tem secções dispaes, relativamente pronunciadas, próximas da trapezoidal.

Em resultado dos valores obtidos no estudo hidráulico, sintetizados na planta da zona inundável anexa, verifica-se o seguinte:

- Os níveis de regolfo condicionantes são:
  - A montante da Rua Dr. Baltazar Cabral – 23,30 (cota do pavimento, situação centenária).
  - A montante da passagem hidráulica da saída (sob a rotunda) de 18,50;
- Relativamente à passagem hidráulica deficitária, é necessária a construção de nova passagem hidráulica sob a rua Baltazar Cabral de modo a resolver o défice de área de escoamento no local.

#### **4.2-** Medidas a implementar

Como resultado do estudo elaborado foram implementadas as seguintes medidas:

- Correção do perfil longitudinal da ribeira (pontual)
- Correção do perfil transversal da ribeira
- Introdução de uma nova passagem hidráulica complementar à existente no moinho sob a rua Baltazar Cabral

A correção do perfil longitudinal resulta da necessidade de desassorear o canal. De facto, este encontra-se ligeiramente obstruído e com alguns sinais de arrastamento de materiais em alguns locais. Assim, foi fixado um novo perfil longitudinal que por um lado correspondente às necessidades verificadas e por outro, salvaguarda todas as estruturas contíguas à ribeira (num fenómeno de cheia -período de retorno de 100 anos). Na figura seguinte apresenta-se o perfil longitudinal estabelecido.

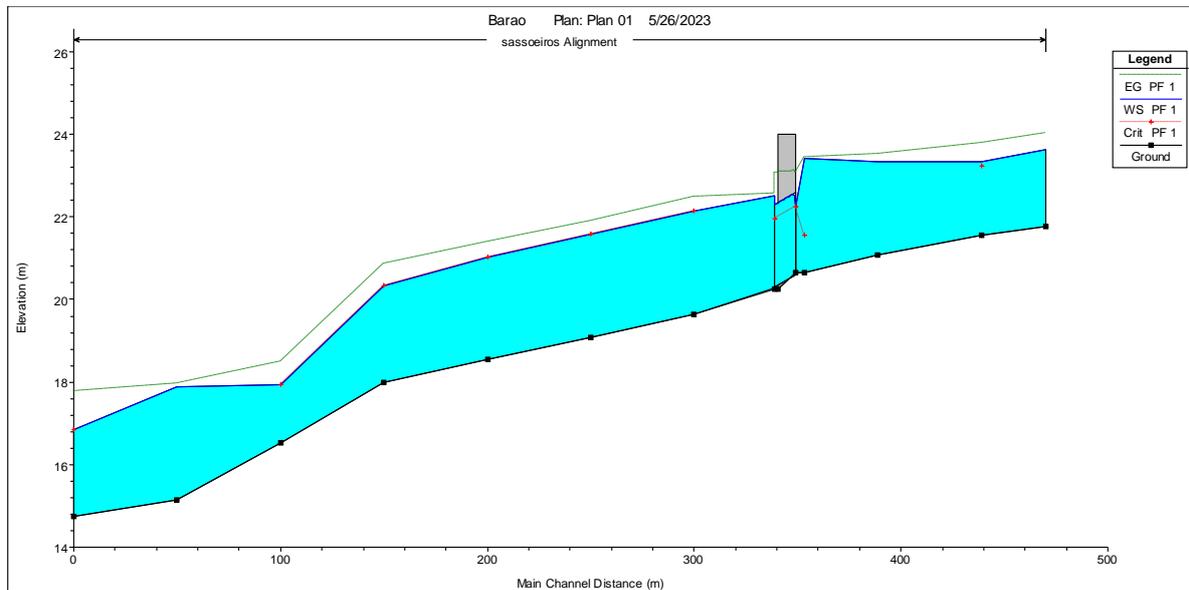


Figura 2: Perfil longitudinal de Implantação da Proposta de alteração

O perfil transversal da ribeira foi adaptado da seguinte forma:

- No troço entre a rotunda a norte da quinta e a Rua Baltazar Cabral (apresentado na figura 3), foi criado um perfil trapezoidal com 5m de largura de fundo e estrutura lateral variável conforme indicado na figura 4.



Figura 3 – Identificação do troço “norte”

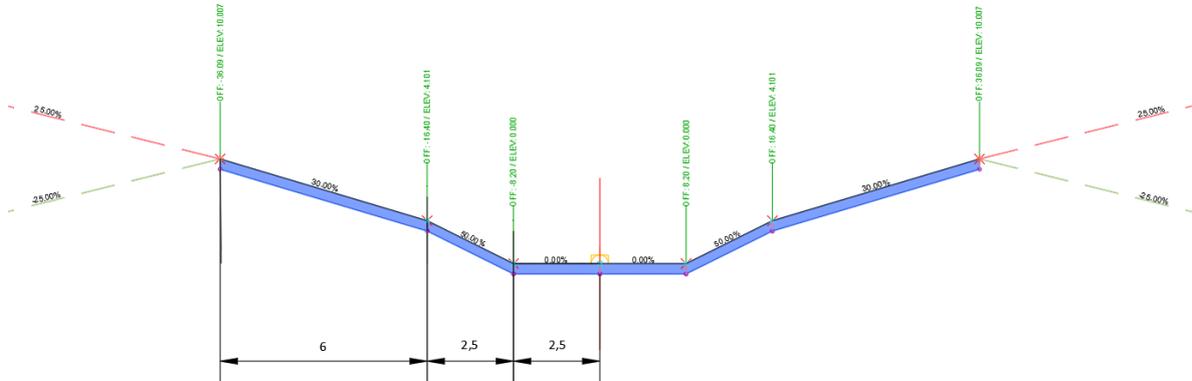


Figura 4: Representação do perfil transversal "norte".

- No troço entre a rua Baltazar Cabral e a rotunda a sul da quinta "vinha" (ver figura 5) foi criado um perfil retangular conforme a existente no local, com correções na altura do mesmo. A largura é de 2m e altura 2.5m materializada em pedra conforme o tipo de construção existente (tradicional).



Figura 5 – Identificação do canal reformulado

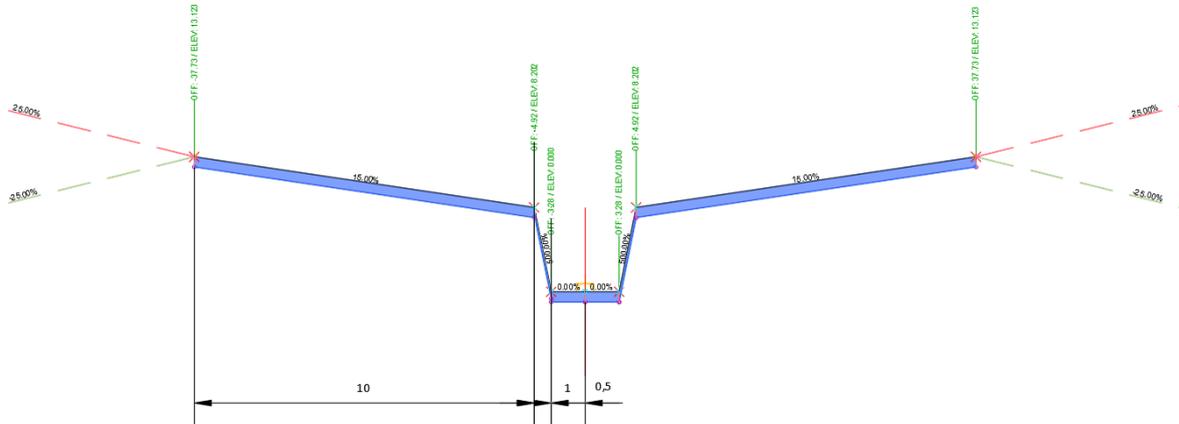


Figura 6 – Representação do perfil transversal “vinha”.

Admitiu-se que para a cheia de projeto, o leito da ribeira se mantinha estável, com exceção de uma ligeira correção (fundo fixo), considerando-se o escoamento uniforme e adotando-se a equação de Manning para estimar os níveis de cheias.

## 5- ANÁLISE DO EFEITO DA SOBRELEVAÇÃO NA SUPERFÍCIE LIVRE DA LÂMINA DE ÁGUA NOS TERRENOS

Foi realizada a análise do efeito da sobrelevação devida ao efeito das passagens hidráulicas e eventuais obstruções na superfície livre da lâmina de água nos terrenos. Os períodos de retorno simulados foram T100 anos e T500 anos. A zona de inundação para um período de retorno de 100 anos verificou-se ser contida nas estruturas, e no caso da inundação extravasar os limites da estrutura de contenção.

A zona de inundação para um período de retorno de 500 anos verificou-se ser difícil de conter, galgando a Rua Baltazar Cabral e inundando a N6-7. Não põe em risco nenhuma estrutura do plano de pormenor (ver figura 6).

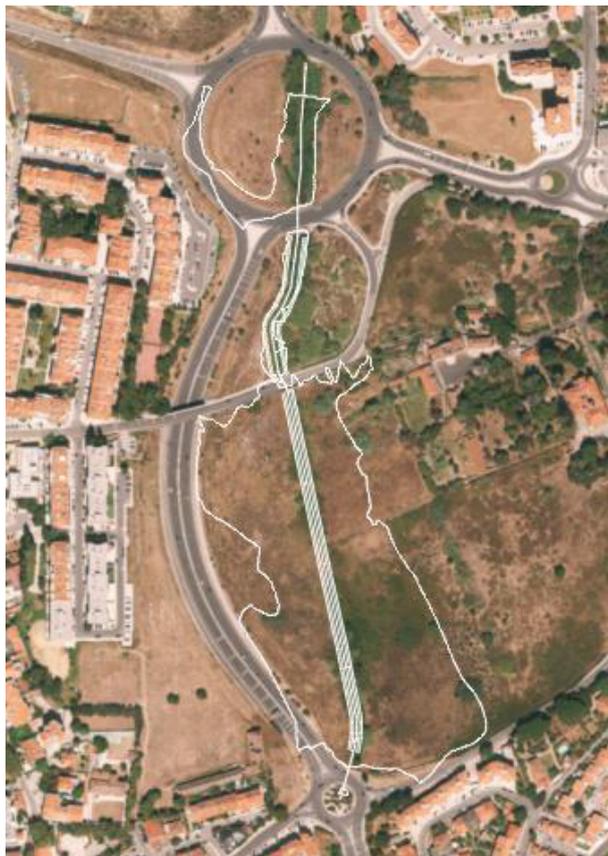


Figura 7: Representação da zona inundável (a branco) para um período de retorno de 500 anos.

São incorporados em anexo os respetivos modelos e os cálculos justificativos.

Nas fases seguintes do estudo, incorporando já no modelo agora criado as alterações previstas para a envolvente e para toda a área associada à bacia, serão também verificadas quanto à eventual necessidade de intervenção nos restantes órgãos hidráulicos agora identificados e que possam interferir na possibilidade de inundação da área afeta à zona do plano.

Vila Real, em novembro de 2021



(Duarte Nuno Pereira)



## CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DA PHS EXISTENTES

As características geométricas das duas passagens hidráulicas que definem a fronteira da área em estudo são as seguintes:

### Passagem sob a Rua Dr. Baltazar Cabral

- Base: 2,5 m
- Altura: 1,5 m
- Comprimento: 14
- Cota de soleira a montante: 20,20
- Cota de Coroamento a montante: 22,30
- Cota de soleira a jusante: 20,00
- Cota de coroamento a jusante: 21,50
- Condições de entrada na secção: Aresta viva  $K=50$
- $Sh = 3,75 \text{ m}^2$
- $Ph = 8,0 \text{ m}$
- $Rh = 0,47 \text{ m}$
- Material: Alvenaria
- Coeficiente de perda de carga de Manning: 0,016

Passagem sob a Rotunda da Avenida Conde Riba d'Áves

- Base: 4,0 m
- Altura: 3,0 m
- Comprimento: 75,00
- Cota de soleira a montante: 15,00
- Cota de Coroamento a montante: 18,00
- Cota de soleira a jusante: 14,00
- Cota de coroamento a jusante: 17,00
- Condições de entrada na secção: Aresta viva  $K=50$
- Sh 12,00
- Ph 14,00
- Rh 0,86
- Material: Betão Armado
- Coeficiente de perda de carga de Manning 0,014

ANEXO II – CÁLCULOS

(O cálculo apresentado tem como base o programa de calculo automático HEC-RAS)

- o Modelação do terreno e zona de inundação

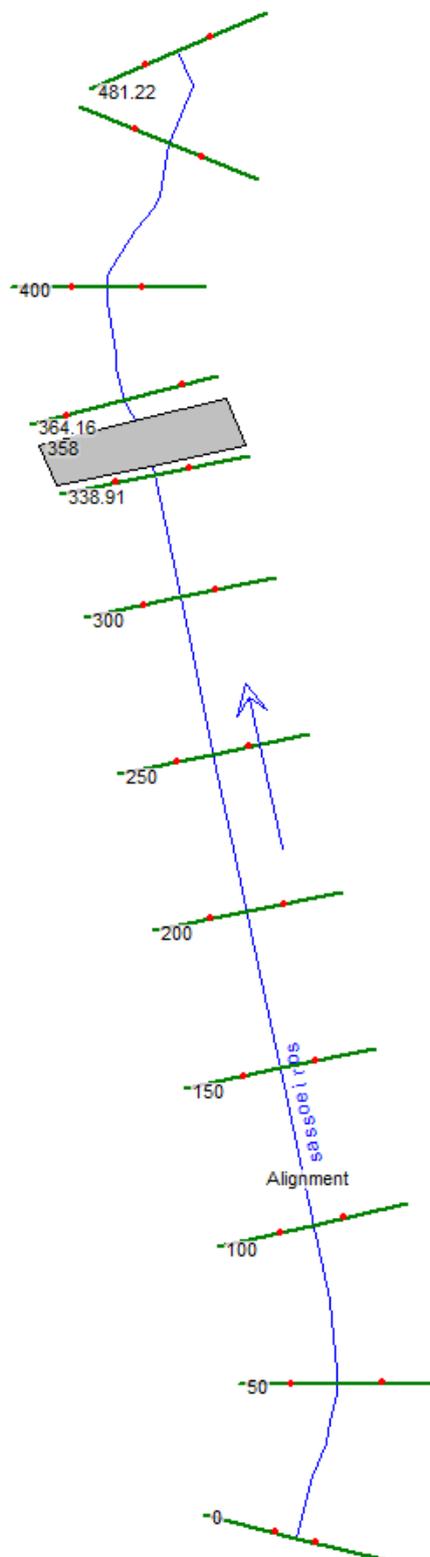


Figura 1 – Modelo base para análise (HEC\_RAS)

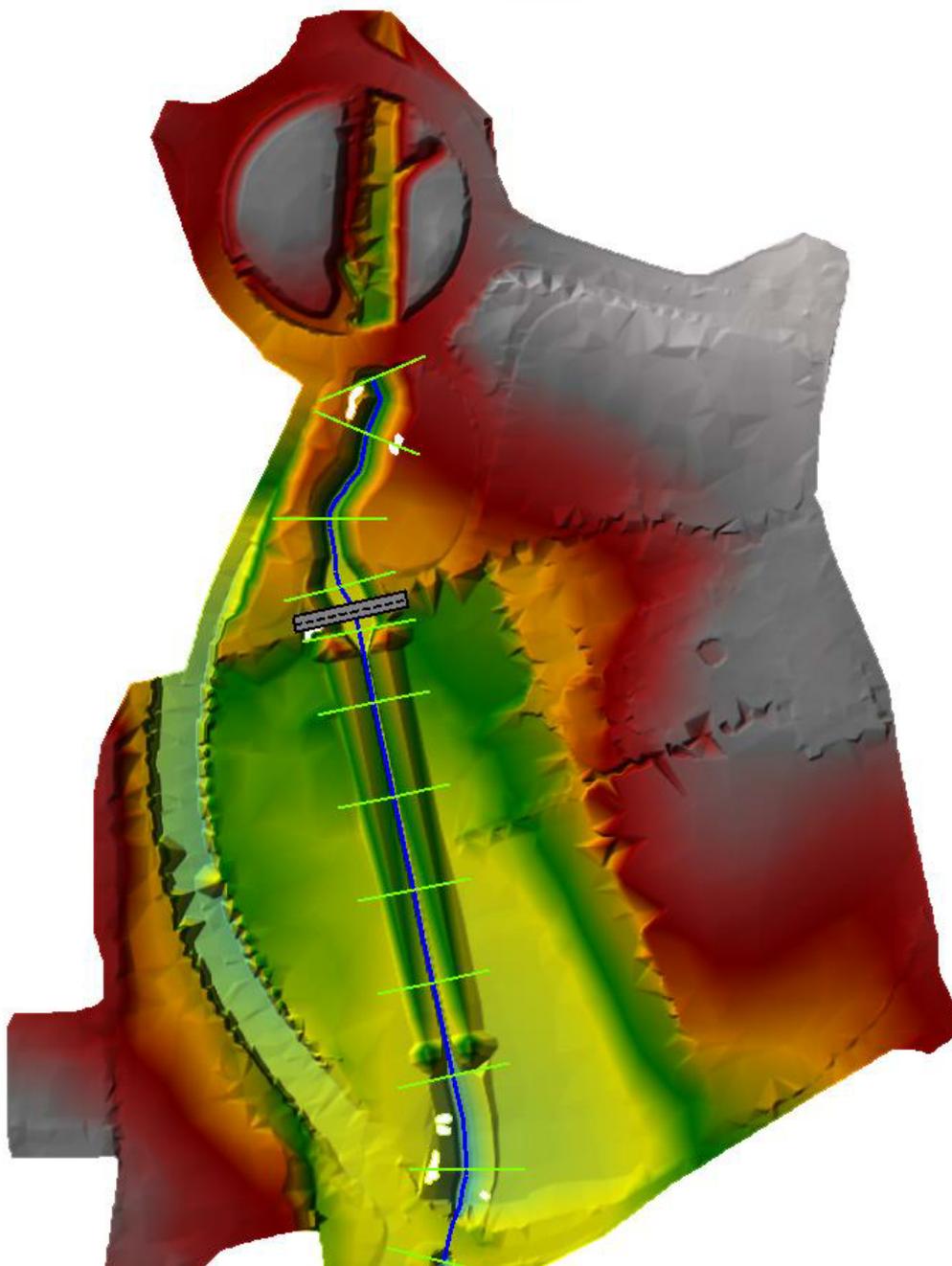
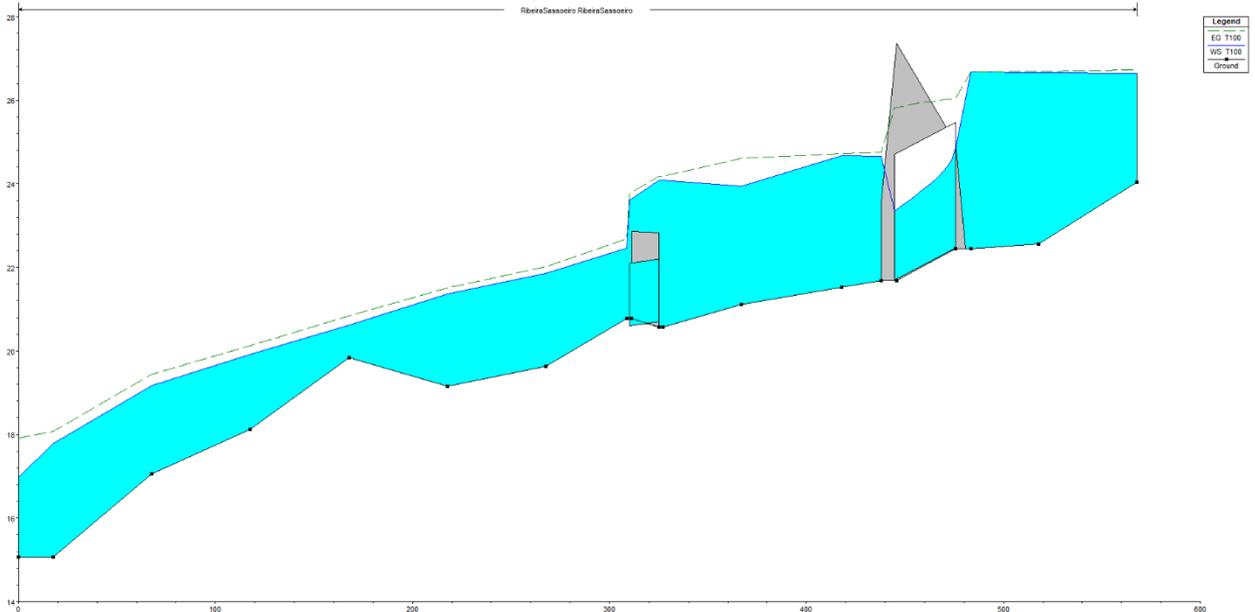


Figura 2 - Modelo base com superfície da Quinta do Barão para análise (HEC\_RAS)

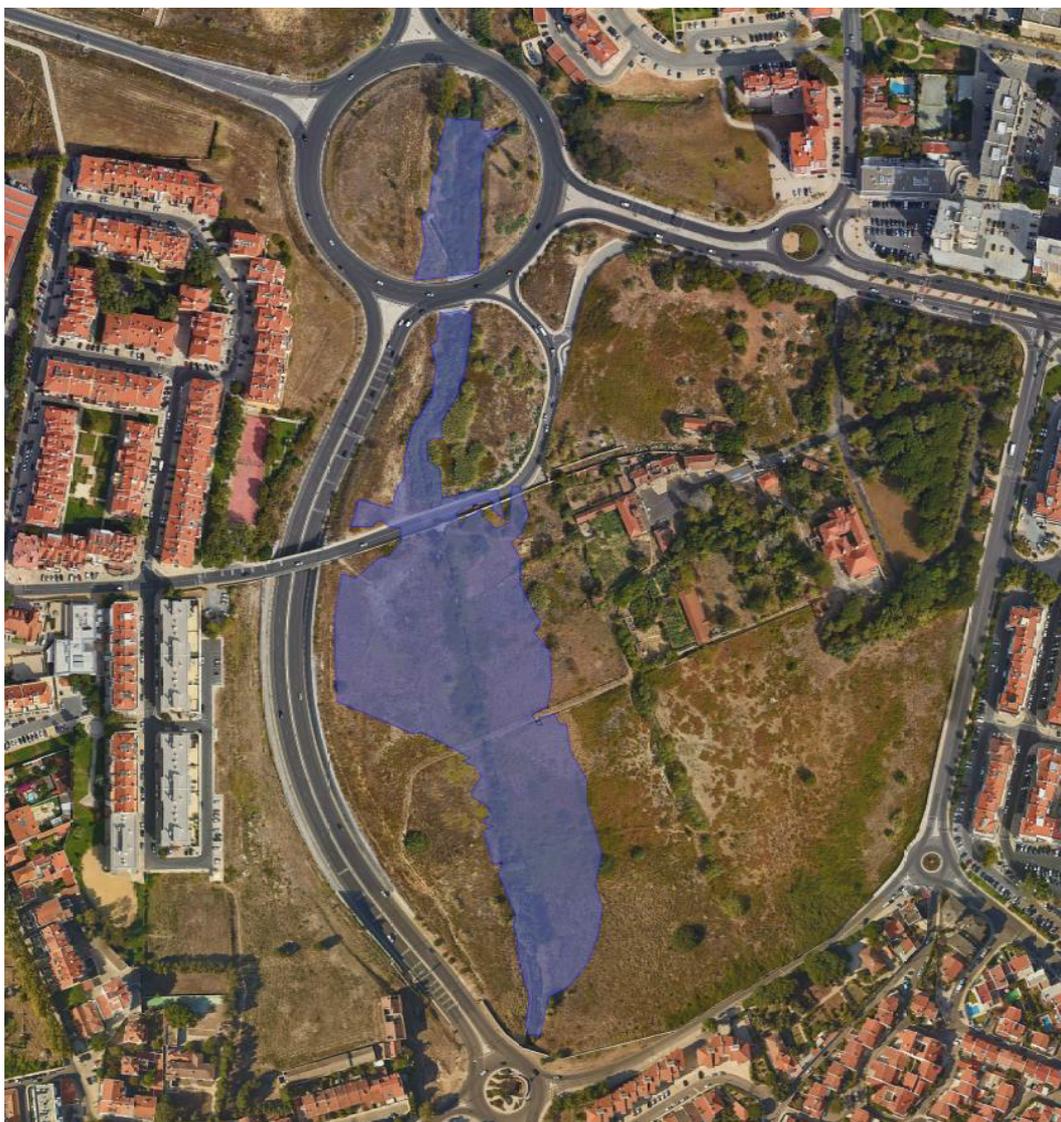
- Perfil longitudinal de cheia – Situação existente



- Passagem hidráulica existente sob a Rotunda da Rua Dr. José Joaquim de Almeida (4,0 x 3,0)

Solution Criteria:	Computed Flow Co	Rename ...	
Shape:	Box	Span:	4
		Rise:	3
Chart #:	8 - flared wingwalls		
Scale #:	1 - Wingwall flared 30 to 75 deg.		
Distance to Upstrm XS:	7.91	Depth to use Bottom n:	0
Culvert Length:	31	Depth Blocked:	0
Entrance Loss Coeff:	0.5	Upstream Invert Elev:	22.47
Exit Loss Coeff:	1	Downstream Invert Elev:	21.7
Manning's n for Top:	0.013		
Manning's n for Bottom:	0.013		

## Área Inundação (situação existente)

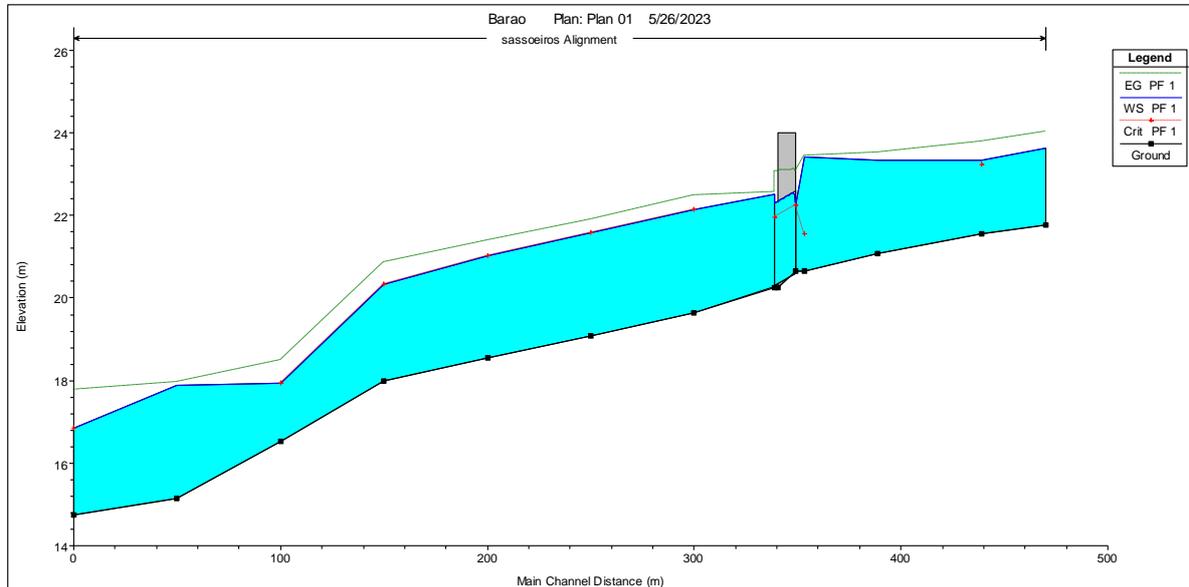




Passagem hidráulica existente sob a Rua Dr. Baltazar Cabral (2,5 x 1,5)

Solution Criteria:	Computed Flow Co	Rename ...			
Shape:	Box	Span:	2.5	Rise:	1.5
Chart #:	8 - flared wingwalls				
Scale #:	1 - Wingwall flared 30 to 75 deg.				
Distance to Upstrm XS:	1.9	Depth to use Bottom n:	0		
Culvert Length:	15	Depth Blocked:	0		
Entrance Loss Coeff:	0.5	Upstream Invert Elev:	20.7		
Exit Loss Coeff:	1	Downstream Invert Elev:	20.6		
Manning's n for Top:	0.013				
Manning's n for Bottom:	0.013				

- Perfil longitudinal de cheia – Situação reformulada



- Cálculo do perfil reformulado (HEC\_RAS)

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: sassoeiros Reach: Alignment Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Alignment	481.22	PF 1	46.00	21.78	23.62		24.02	0.006028	2.79	16.48	13.96	0.82
Alignment	450	PF 1	46.00	21.55	23.34	23.24	23.80	0.007392	3.02	15.23	13.30	0.90
Alignment	400	PF 1	46.00	21.08	23.33		23.52	0.002476	1.97	23.43	17.97	0.54
Alignment	364.16	PF 1	46.00	20.64	23.43	21.56	23.46	0.000194	0.72	63.55	31.61	0.16
Alignment	358		Culvert									
Alignment	338.91	PF 1	46.00	20.27	22.51		22.57	0.000497	1.03	48.11	44.35	0.25
Alignment	300	PF 1	46.00	19.64	22.14	22.14	22.49	0.006988	2.55	18.08	28.13	0.57
Alignment	250	PF 1	46.00	19.09	21.58	21.58	21.91	0.006498	2.46	18.46	27.91	0.55
Alignment	200	PF 1	46.00	18.54	21.04	21.04	21.41	0.005438	2.26	18.37	27.98	0.50
Alignment	150	PF 1	46.00	17.99	20.33	20.33	20.86	0.008087	2.69	14.50	14.77	0.61
Alignment	100	PF 1	46.00	16.51	17.94	17.94	18.48	0.009269	3.25	14.13	13.20	1.00
Alignment	50	PF 1	46.00	15.16	17.87		17.95	0.000751	1.25	36.68	21.79	0.31
Alignment	0	PF 1	46.00	14.75	16.85	16.85	17.77	0.012566	4.26	10.80	5.89	1.00

## ANEXO III – CÁLCULOS E PERFIS TRASNVERSAIS

# Hydraulic Analysis Report

---

## Project Data

Project Title:

Designer:

Project Date: Wednesday, May 24, 2023

Project Units: SI Units (Metric)

Notes:

## Channel Analysis: Channel Analysis 2.5m

Notes:

## Input Parameters

Channel Type: Custom Cross Section

### Cross Section Data

Station (m)	Elevation (m)	Manning's n
0.00	3.05	0.0200
6.00	1.25	0.0300
8.50	0.00	0.0300
13.50	0.00	0.0300
16.00	1.25	0.0300
22.00	3.05	-----

Longitudinal Slope: 0.0073 m/m

Flow 46.0000 cms

## Result Parameters

Depth 1.7101 m

Area of Flow 14.6814 m<sup>2</sup>

Wetted Perimeter 13.7924 m

Hydraulic Radius 1.0645 m

Average Velocity 3.1332 m/s

Top Width 13.0672 m

Froude Number: 0.9435

Critical Depth 1.6568 m

Critical Velocity 3.2871 m/s

Critical Slope: 0.0083 m/m

Critical Top Width 12.71 m

Calculated Max Shear Stress 122.3665 N/m<sup>2</sup>

Calculated Avg Shear Stress 76.1680 N/m<sup>2</sup>

Composite Manning's n Equation: Lotter method

Manning's n: 0.0284

## Channel Analysis: Channel Analysis pedra

Notes:

### Input Parameters

Channel Type: Custom Cross Section

#### Cross Section Data

Station (m)	Elevation (m)	Manning's n
0.00	4.00	0.0200
10.00	2.50	0.0300
10.50	0.00	0.0300
12.50	0.00	0.0300
13.00	2.50	0.0300
23.00	4.00	-----

Longitudinal Slope: 0.0073 m/m

Flow 46.0000 cms

### Result Parameters

Depth 3.5596 m

Area of Flow 16.9136 m<sup>2</sup>

Wetted Perimeter 21.3849 m

Hydraulic Radius 0.7909 m

Average Velocity 2.7197 m/s

Top Width 17.1279 m

Froude Number: 0.8736

Critical Depth 3.4400 m

Critical Velocity 3.0746 m/s

Critical Slope: 0.0100 m/m

Critical Top Width 15.53 m

Calculated Max Shear Stress 254.7103 N/m<sup>2</sup>

Calculated Avg Shear Stress 56.5947 N/m<sup>2</sup>

Composite Manning's n Equation: Lotter method

Manning's n: 0.0269

Selected Profile: FHWA Profile (read-only)

Culvert Assessment Profiles

Culvert Assessment Profile Name: Standard (read-only)

Maximum Excavation Depth: 6.10 m

Maximum Shallow Cover: 1.22 m

Maximum Small Pipe Size: 10.97 m

Minimum Manned Entry Size: 1219.20 mm

Riprap Classes

Riprap Class Name:CLASS I

Riprap Class Order:1

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 304.80 mm

D85: 228.60 mm

D50: 165.10 mm

D15: 114.30 mm

Riprap Class Name:CLASS II

Riprap Class Order:2

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 457.20 mm

D85: 330.20 mm

D50: 241.30 mm

D15: 177.80 mm

Riprap Class Name:CLASS III

Riprap Class Order:3

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 609.60 mm

D85: 431.80 mm

D50: 317.50 mm

D15: 228.60 mm

Riprap Class Name:CLASS IV

Riprap Class Order:4

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 762.00 mm

D85: 533.40 mm

D50: 393.70 mm

D15: 266.70 mm

Riprap Class Name:CLASS V

Riprap Class Order:5

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 914.40 mm

D85: 647.70 mm

D50: 469.90 mm

D15: 330.20 mm

Riprap Class Name:CLASS VI

Riprap Class Order:6

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 1066.80 mm

D85: 762.00 mm

D50: 546.10 mm

D15: 381.00 mm

Riprap Class Name:CLASS VII

Riprap Class Order:7

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 1257.30 mm

D85: 889.00 mm

D50: 647.70 mm

D15: 444.50 mm

Riprap Class Name:CLASS VIII

Riprap Class Order:8

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 1524.00 mm

D85: 1079.50 mm

D50: 800.10 mm

D15: 558.80 mm

Riprap Class Name:CLASS IX

Riprap Class Order:9

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 1828.80 mm

D85: 1295.40 mm

D50: 965.20 mm

D15: 660.40 mm

Riprap Class Name:CLASS X

Riprap Class Order:10

The following values are an 'average' of the size fraction range for the selected riprap class.

D100: 2133.60 mm

D85: 1511.30 mm

D50: 1130.30 mm

D15: 787.40 mm

# HY-8 Culvert Analysis Report

## Crossing Discharge Data

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 1013.53 cfs

Design Flow: 1656.61 cfs

Maximum Flow: 2449.78 cfs

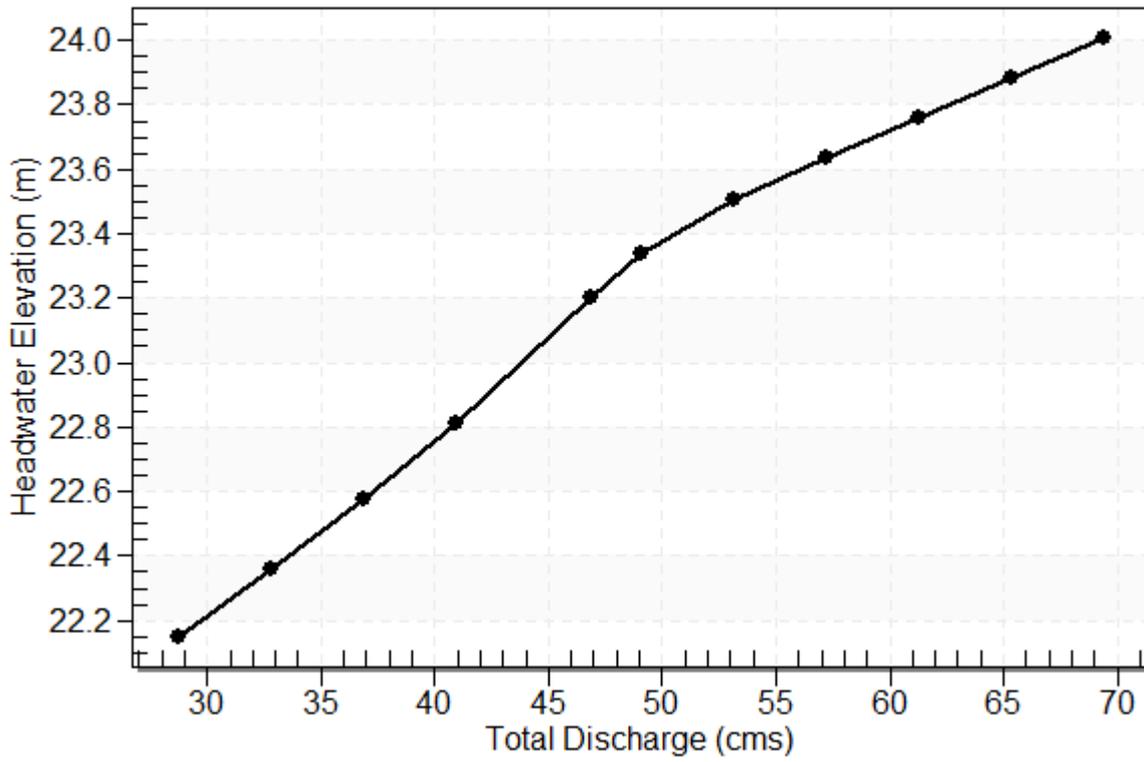
**Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Quinta do Barao**

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Moinho Discharge (cms)	Nova Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
22.15	28.70	9.21	19.49	0.00	5
22.36	32.77	10.32	22.45	0.00	3
22.58	36.83	11.38	25.45	0.00	3
22.81	40.90	12.42	28.48	0.00	3
23.20	46.91	13.75	33.16	0.00	5
23.34	49.04	14.15	34.69	0.19	5
23.50	53.10	14.37	36.44	2.29	4
23.64	57.17	14.43	37.81	4.93	4
23.76	61.24	14.42	39.00	7.81	4
23.88	65.30	14.44	39.71	11.16	4
24.01	69.37	14.48	39.84	15.05	4
23.30	48.33	14.06	34.27	0.00	Overtopping

# Rating Curve Plot for Crossing: Quinta do Barao

## Total Rating Curve

Crossing: Quinta do Barao



**Table 2 - Culvert Summary Table: Moinho**

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
28.70	9.21	22.15	1.951	1.749	5-JS1t	0.863	1.114	1.414	1.414	2.607	4.061
32.77	10.32	22.36	2.160	2.068	5-S1f	0.937	1.202	1.500	1.552	2.752	4.223
36.83	11.38	22.58	2.379	2.304	4-FFf	1.006	1.283	1.500	1.687	3.035	4.367
40.90	12.42	22.81	2.610	2.591	4-FFf	1.072	1.360	1.500	1.819	3.311	4.498
46.91	13.75	23.20	2.937	3.001	4-FFf	1.156	1.455	1.500	2.009	3.665	4.670
49.04	14.15	23.34	3.044	3.138	4-FFf	1.181	1.484	1.500	2.075	3.774	4.726
53.10	14.37	23.50	3.103	3.303	4-FFf	1.195	1.499	1.500	2.200	3.832	4.827
57.17	14.43	23.64	3.120	3.437	4-FFf	1.199	1.500	1.500	2.324	3.848	4.920
61.24	14.42	23.76	3.118	3.559	4-FFf	1.198	1.500	1.500	2.446	3.847	5.007
65.30	14.44	23.88	3.121	3.682	4-FFf	1.199	1.500	1.500	2.567	3.850	5.088
69.37	14.48	24.01	3.134	3.810	4-FFf	1.202	1.500	1.500	2.687	3.863	5.164

\*\*\*\*\*

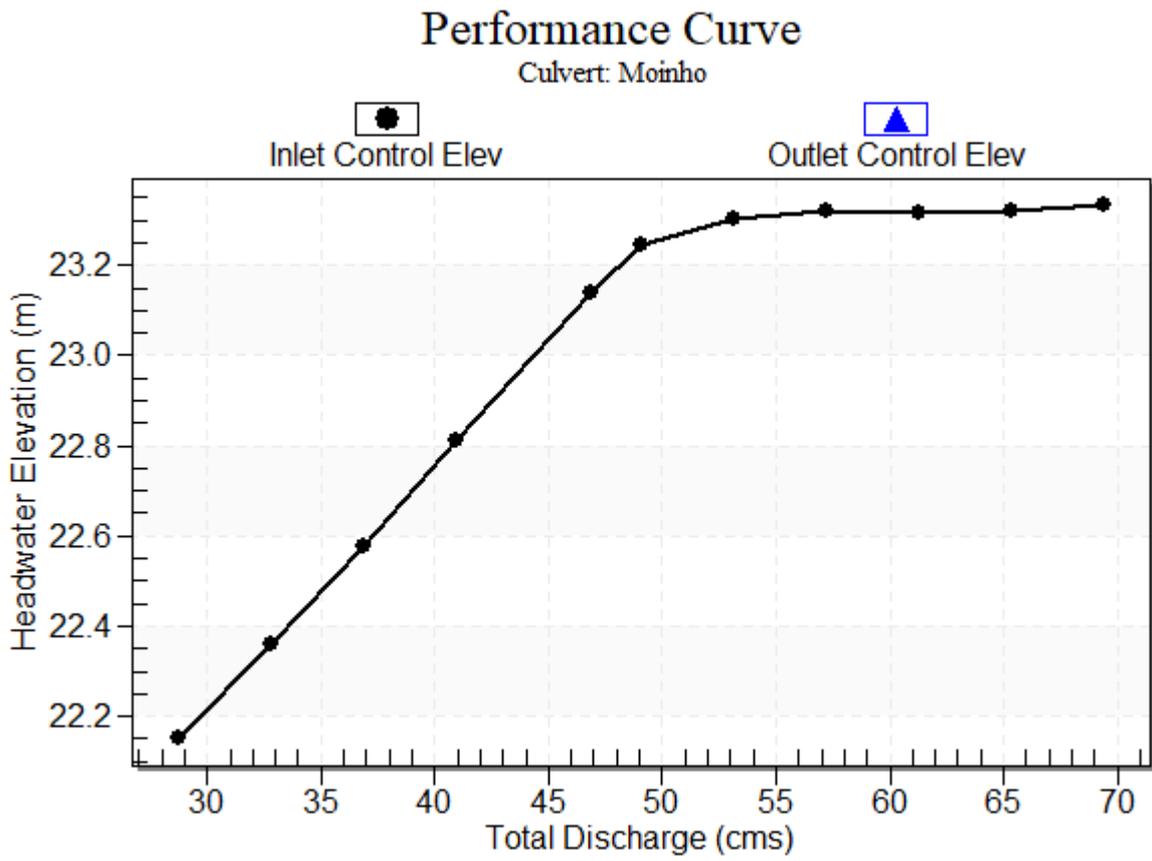
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 20.20 m, Outlet Elevation (invert): 20.00 m

Culvert Length: 20.00 m, Culvert Slope: 0.0100

\*\*\*\*\*

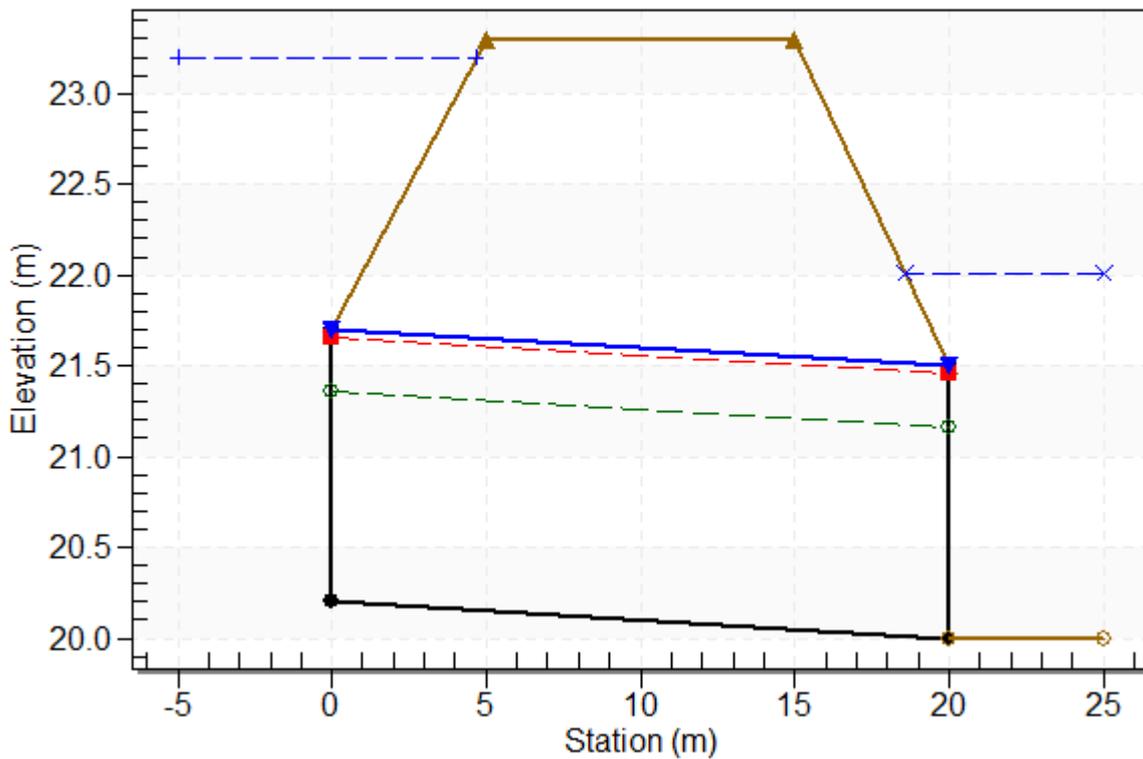
### Culvert Performance Curve Plot: Moinho



## Water Surface Profile Plot for Culvert: Moinho

Crossing - Quinta do Barao, Design Discharge - 46.91 cms

Culvert - Moinho, Culvert Discharge - 13.75 cms



### Site Data - Moinho

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 20.20 m

Outlet Station: 20.00 m

Outlet Elevation: 20.00 m

Number of Barrels: 1

### Culvert Data Summary - Moinho

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2500.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0150

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

**Table 3 - Culvert Summary Table: Nova**

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
28.70	19.49	22.15	1.951	1.530	1-S2n	0.810	1.157	0.931	1.414	4.186	4.061
32.77	22.45	22.36	2.160	1.772	5-S2n	0.890	1.271	1.031	1.552	4.353	4.223
36.83	25.45	22.58	2.379	2.027	5-S2n	0.968	1.382	1.130	1.687	4.507	4.367
40.90	28.48	22.81	2.611	2.296	5-S2n	1.045	1.490	1.225	1.819	4.649	4.498
46.91	33.16	23.20	3.001	2.726	5-JS1f	1.159	1.649	2.000	2.009	3.316	4.670
49.04	34.69	23.34	3.139	2.929	5-S1f	1.196	1.699	2.000	2.075	3.469	4.726
53.10	36.44	23.50	3.303	3.108	4-FFf	1.237	1.756	2.000	2.200	3.644	4.827
57.17	37.81	23.64	3.438	3.316	4-FFf	1.269	1.799	2.000	2.324	3.781	4.920
61.24	39.00	23.76	3.559	3.515	4-FFf	1.297	1.837	2.000	2.446	3.900	5.007
65.30	39.71	23.88	3.632	3.682	4-FFf	1.313	1.859	2.000	2.567	3.971	5.088
69.37	39.84	24.01	3.645	3.811	4-FFf	1.316	1.863	2.000	2.687	3.984	5.164

\*\*\*\*\*

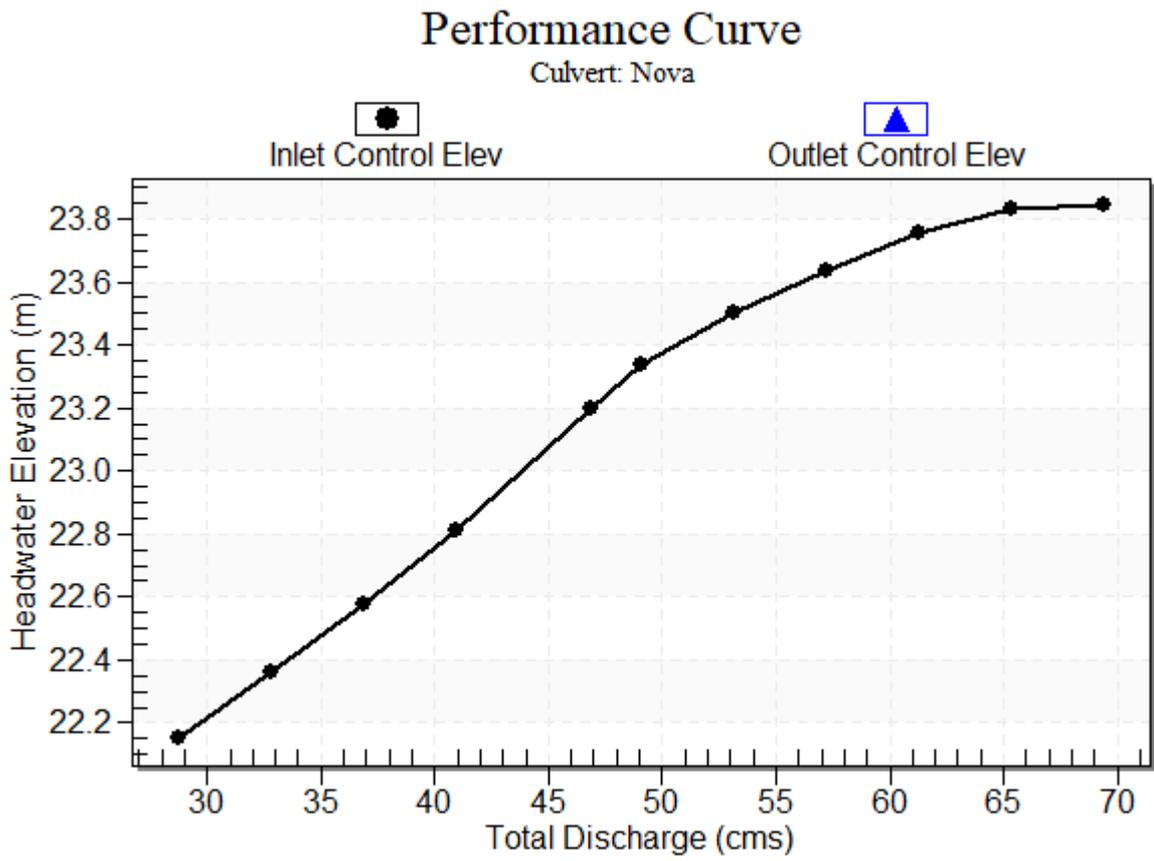
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 20.20 m, Outlet Elevation (invert): 20.00 m

Culvert Length: 20.00 m, Culvert Slope: 0.0100

\*\*\*\*\*

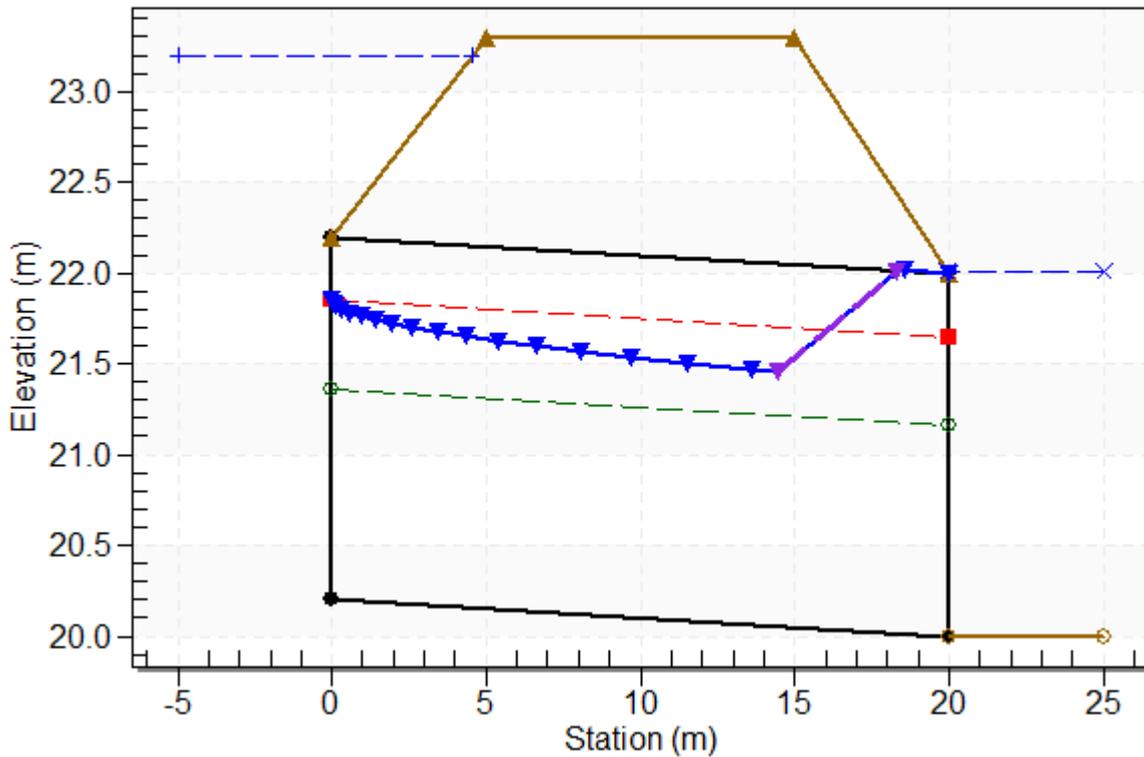
### Culvert Performance Curve Plot: Nova



## Water Surface Profile Plot for Culvert: Nova

Crossing - Quinta do Barao, Design Discharge - 46.91 cms

Culvert - Nova, Culvert Discharge - 33.16 cms



### Site Data - Nova

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 20.20 m

Outlet Station: 20.00 m

Outlet Elevation: 20.00 m

Number of Barrels: 1

### Culvert Data Summary - Nova

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 5000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0150

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

**Table 4 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Quinta do Barao)**

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
28.70	21.41	1.41	4.06	235.56	1.09
32.77	21.55	1.55	4.22	258.62	1.08
36.83	21.69	1.69	4.37	281.09	1.07
40.90	21.82	1.82	4.50	303.05	1.06
46.91	22.01	2.01	4.67	334.75	1.05
49.04	22.08	2.08	4.73	345.78	1.05
53.10	22.20	2.20	4.83	366.65	1.04
57.17	22.32	2.32	4.92	387.25	1.03
61.24	22.45	2.45	5.01	407.62	1.02
65.30	22.57	2.57	5.09	427.76	1.01
69.37	22.69	2.69	5.16	447.72	1.01

### **Tailwater Channel Data - Quinta do Barao**

Tailwater Channel Option: Rectangular Channel

Bottom Width: 5.00 m

Channel Slope: 0.0170

Channel Manning's n: 0.0300

Channel Invert Elevation: 20.00 m

### **Roadway Data for Crossing: Quinta do Barao**

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

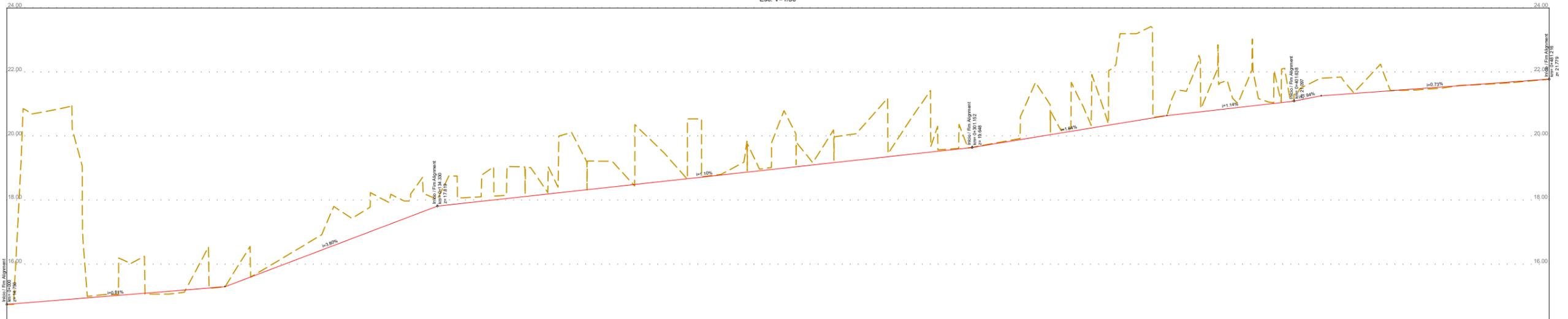
Crest Elevation: 23.30 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 10.00 m

### PERFIL LONGITUDINAL | Alignment

Esc: H=1/500  
Esc: V=1/50



Cota referência = 14.00

ELEMENTOS	QUILOMETRAGEM	
	0+000	0+481.216
DA RASANTE	14.700	21.770
DO TERRENO	14.700	21.770
DA RASANTE	14.700	21.770
DA DIRETRIZ	14.700	21.770
SOBREELEVAÇÃO	ESQ	DIR



