PROMENG
Project Management Engineers

VISA consultores

VISA CONSULTORES, S.A.

Estudo hidrológico e hidráulico do projeto da Pedreira de Vale Milhaços n.º 2



Memória Descritiva e Justificativa

Abril, 2023

02.2363. PL.HI.MDJ.001.R00

VISA CONSULTORES, S.A.

ESTUDO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DO PROJETO DA PEDREIRA DE VALE MILHAÇOS N.º 2

VERSÕES

Código:	**02.2403. VISA.ValeMilhacos**		
Versão n.º	**Data**	**Técnico Responsável**	**Sigla**
0	28-04-2023	Pedro Chichorro Rodrigues	PCR

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO 5
2 CARATERIZAÇÃO GERAL DA IMPLANTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO 6
3 DADOS E ELEMENTOS DE BASE 7
3.1 ELEMENTOS DE BASE 7
3.2 DADOS DE REFERÊNCIA 8
3.3 DENSIDADE DE DRENAGEM 8
4 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 9
4.1 ENQUADRAMENTO GERAL 9
5 HIDROLOGIA 10
5.1 MÉTODO DE CÁLCULO 10
5.2 MÉTODO RACIONAL 11
5.3 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO - C 11
5.4 PERÍODO DE RETORNO - T 13
5.5 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO - t 13
5.6 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO - I 14
5.7 CÁLCULO DOS CAUDAIS DE PONTA PELO MÉTODO RACIONAL 16
6 REDE DE DRENAGEM 17
6.1 REDE DE DRENAGEM EXISTENTE 17
6.2 CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO 21
7 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS 21
7.1 Determinação da altura uniforme em secções circulares 21
7.2 Processo de cálculo 22
8 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DAS VALAS PERIMETRAIS E DO CANAL DE RESTITUIÇÃO 23
8.1 Determinação da altura uniforme em secções trapezoidais 23
8.2 Processo de cálculo 24
9 RECAÍDAS DAS VALAS DE DRENAGEM 26
10 BACIA DE DECANTAÇÃO DE SÓLIDOS 27
10.1 Funcionamento 28

10.2 Descrição do processo 28
10.3 Dimensionamento 28
10.4 Parâmetros de cálculo - bacias de decantação 30
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS 31

Índice de figuras

Figura 1 – Implantação geral da pedreira 6
Figura 2 – Implantação geral pedreira (excerto da carta militar n.º 442 à escala 1:25000) 7
Figura 3 – Carta com as linhas de água e curvas de nível das bacias 9
Figura 4 – Gráfico de distribuição dos valores das precipitações máximas obtidas através das curvas I-D-F de Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 15
Figura 5 – Localização da passagem hidráulica sob a A33 18
Figura 6 – Passagem hidráulica sob a A33 18
Figura 7 – Passagem hidráulica sob a A33 18
Figura 8 – Passagem hidráulica sob a A33 Diâmetro de 1,50 m. 18
Figura 9 – Entrada na zona da pedreira no alinhamento da PH sob a A33 19
Figura 10 – Entrada na zona da pedreira no alinhamento da PH sob a A33 19
Figura 11 – Passagem hidráulica 1 existente no acesso de entrada da Pedreira - Jusante 20
Figura 12 – Passagem hidráulica 1 existente no acesso de entrada da Pedreira - Montante 20
Figura 13 – Vala de drenagem para a Passagem Hidráulica 1 20
Figura 14 – Esquema das recaídas de drenagem para a corta. 26
Figura 15 – Esquema das recaídas de drenagem para a corta – Passagem da vala de drenagem periférica para a recaída 27
Figura 16 – Esquema das recaídas de drenagem para a corta – Caixa de dissipação de energia 27
Figura 17 – Esquema da bacia de decantação de sólidos 28

Índice de tabelas

Tabela 1 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas urbanas (Chow (1964)) 12
Tabela 2 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas agrícolas (Chow (1964)) 12

Tabela 3 - Valores dos coeficientes a e b da intensidade de precipitação propostos por Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 14

Tabela 4 - Valores dos coeficientes a e b da intensidade de precipitação propostos por Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 - valas perimetrais..... 16

Tabela 5 - Valores do coeficiente de Manning (Chow 1959) 25

Tabela 6 - Escala de Wentworth 29

Índice de quadros

Quadro 1 - Características geomorfológicas das bacias 10

Quadro 2 - Características das bacias e valas periféricas de drenagem 10

*Quadro 3 – Tempos de concentração para diversas fórmulas de cálculo 13

Quadro 4 - Valores das precipitações máximas obtidas através das curvas I-D-F de Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 15

Quadro 5 - Valores das precipitações máximas obtidas através das curvas I-D-F de Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 – valas perimetrais..... 16

Quadro 6 - Caudais de ponta obtidos com através da metodologia de Brandão (1995) 16

Quadro 7 - Caudais de ponta para as valas de drenagem obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)..... 17

Quadro 8 - Caudais de ponta para a precipitação sobre a corta obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)..... 17

Quadro 9 - Caudais de ponta de cheias de dimensionamento para o período de retorno de 100 anos obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)..... 21

Quadro 10 - Parâmetros de dimensionamento da passagem hidráulica 1 23

Quadro 11 - Verificação do dimensionamento da passagem hidráulica 1 23

Quadro 12 - Parâmetros de dimensionamento das valas de drenagem periférica e do canal de restituição..... 25

Quadro 13 - Dimensionamento das valas de drenagem periférica e do canal de restituição 25

Quadro 14 - Cálculo da bacia de decantação de sólidos 30

ANEXO I – FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

ANEXO II – PEÇAS DESENHADAS

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo apresentar o estudo hidrológico e hidráulico do projeto da Pedreira de Vale Milhaços n.º 2, freguesia de Corroios, concelho do Seixal, no distrito de Setúbal, em Portugal. Este estudo foi realizado por solicitação da Visa consultores, S.A. e está associado ao processo de licenciamento do plano da pedreira e tem em vista dar resposta a um conjunto de esclarecimento solicitados pela CCDR-LVT.

Neste estudo pretende-se dar resposta às questões colocadas pela CCDR-LVT, no que se refere a:

13. Indicar a localização de eventuais passagens hidráulicas a construir ou a remodelar/beneficiar, e apresentar o respectivo dimensionamento devidamente justificado;

14. Apresentar o dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais;

15. Indicar a localização e dimensionamento das bacias de decantação previstas, para onde será encaminhada a água acumulada no fundo da corta e as águas pluviais encaminhadas do sistema de drenagem perimetral, previamente à sua devolução ao meio hídrico natural;

41. Se a modelação for reformulada, deverá ser equacionada uma rede de drenagem que encaminhe as águas da crista de talude nas bancadas, após a conclusão da exploração e modelação final dos degraus, e posteriormente as encaminhe para o interior da cava. As descidas deverão ocorrer em valas revestidas de forma a evitar a erosão hídrica dos taludes, contemplando ainda um ressalto hidráulico de transição do regime rápido para o regime lento, na cota base da exploração;

Este estudo teve três fases de elaboração distintas:

- Fase de recolha de dados – Com a recolha e análise de elementos de seleção da cartografia de referência, recolha de dados hidrológicos de referência e modelação hidrológica do regime de cheias.
- Fase de tratamento de dados – Modelação hidrológica para o cenário de ocorrência para um período de retorno de T=100 anos.
- Fase de elaboração do relatório final e cartografia, análise dos resultados e elaboração das memórias e peças desenhadas.

Nesse relatório é apresentada a metodologia proposta para a simulação hidrológica do fenómeno das cheias que ocorrem nas bacias.

É de referir que foram analisadas, para o cenário de precipitação para o período de retorno de 100 anos.

2 CARATERIZAÇÃO GERAL DA IMPLANTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

A Pedreira de Vale de Milhaços tem a sua implantação geral indicada na figura abaixo.



Figura 1 – Implantação geral da pedreira

A implantação em planta da carta militar n.º 442 à escala 1:25000 é apresentada na figura seguinte:

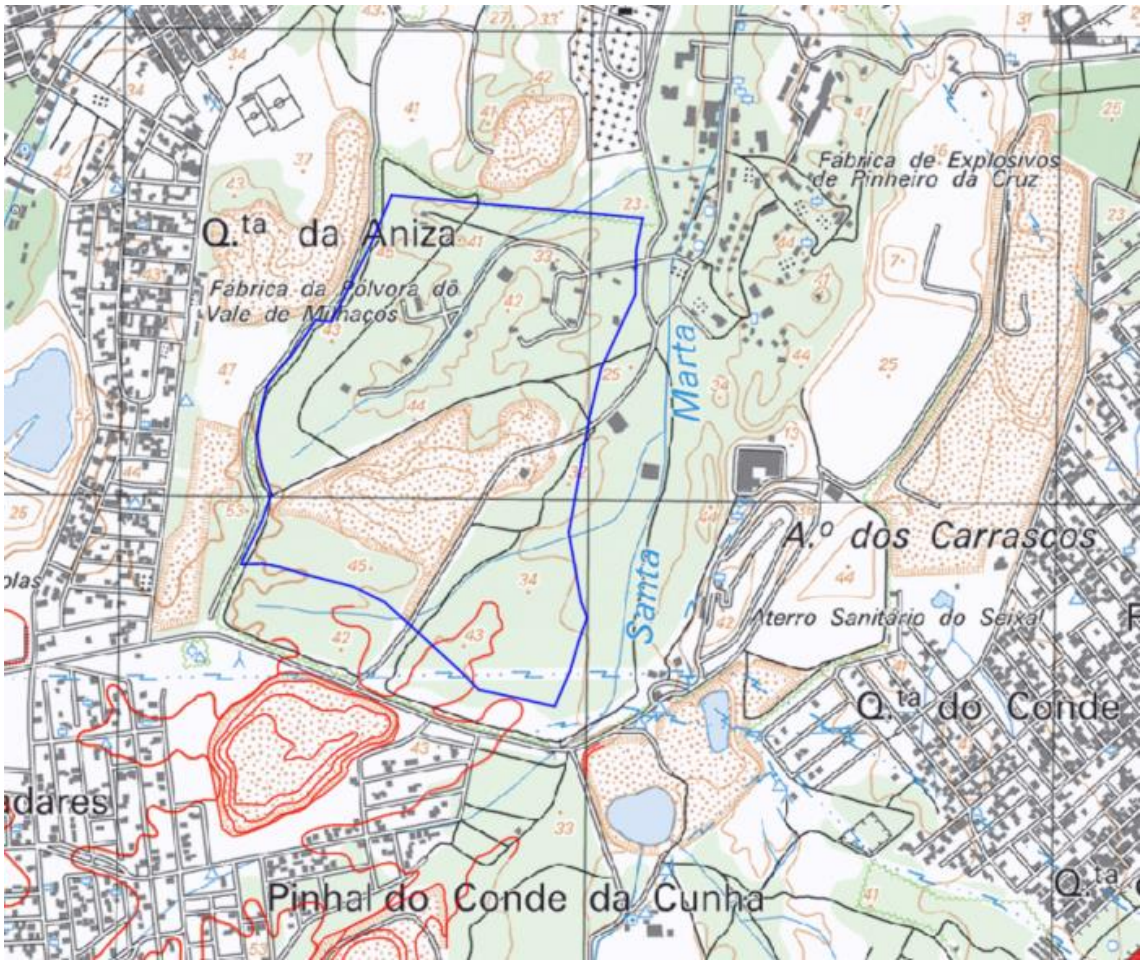


Figura 2 – Implantação geral pedreira (excerto da carta militar n.º 442 à escala 1:25000)

3 DADOS E ELEMENTOS DE BASE

3.1 ELEMENTOS DE BASE

Para efeitos de realização deste trabalho são necessários vários elementos de base, tendo sido disponibilizada uma peça desenhada referente ao levantamento topográfico local e plantas de implantação da pedreira, incluindo a situação atual e o plano final de remodelação.

A partir destes e de outros documentos de referência, foi possível criar dados físicos que serviram de base aos estudos a desenvolver. Os documentos consultados, para além dos cedidos, foram:

- Carta Militar n.ºs 442, Instituto Geográfico do Exército, Escala1:25000; Sistema de projeção de Gauss - Elipsóide Internacional - Datum de Lisboa e coordenadas militares usadas pelo IGeoE;
- Levantamentos topográficos
- Legislação diversa;
- Documentação de referência de estudos de hidrologia.

3.2 DADOS DE REFERÊNCIA

Os dados de referência são essenciais na determinação de caudais de cheia. Assim, torna-se importante que a sua obtenção e tratamento seja realizado com rigor a fim de produzir resultados mais corretos.

Da implantação das bacias hidrográficas a estudar e do levantamento topográfico foi possível identificar alterações realizadas ao longo dos anos à ocupação do solo.

Consideraram-se neste estudo as bacias hidrográficas naturais, implantadas na cartografia militar 1:25000 e as contribuições das bacias hidrográficas formadas tendo em consideração as alterações da configuração final.

Verifica-se que a área concessionada intercepta duas bacias distintas. Estas bacias foram numeradas como 1 e 2, tal como representado na figura seguinte. A bacia designada Bacia 1, está fora do perímetro da pedreira, no entanto corresponde à linha de água que escoa para uma passagem hidráulica no caminho de acesso à área licenciada.

A bacia 2 corresponde a uma linha de água existente com passagens hidráulicas a montante da área da pedreira e construídas sob a A33. A jusante destas passagens hidráulicas a linha de água escoa para o interior da corta.

Por fim, estão igualmente identificadas as bacias de drenagem perimetral que contribuem para o dimensionamento das valas perimetrais. Estas bacias numeradas de 1 a 6 descarregam para o interior da corta e são encaminhadas para a bacia de decantação antes da restituição á Vala de Santa Marta.

3.3 DENSIDADE DE DRENAGEM

A Carta com a Densidade de Drenagem foi construída com base nos elementos referidos anteriormente, com a delimitação das linhas de água e curvas de nível desenhados sobre as cartas militares de referência.

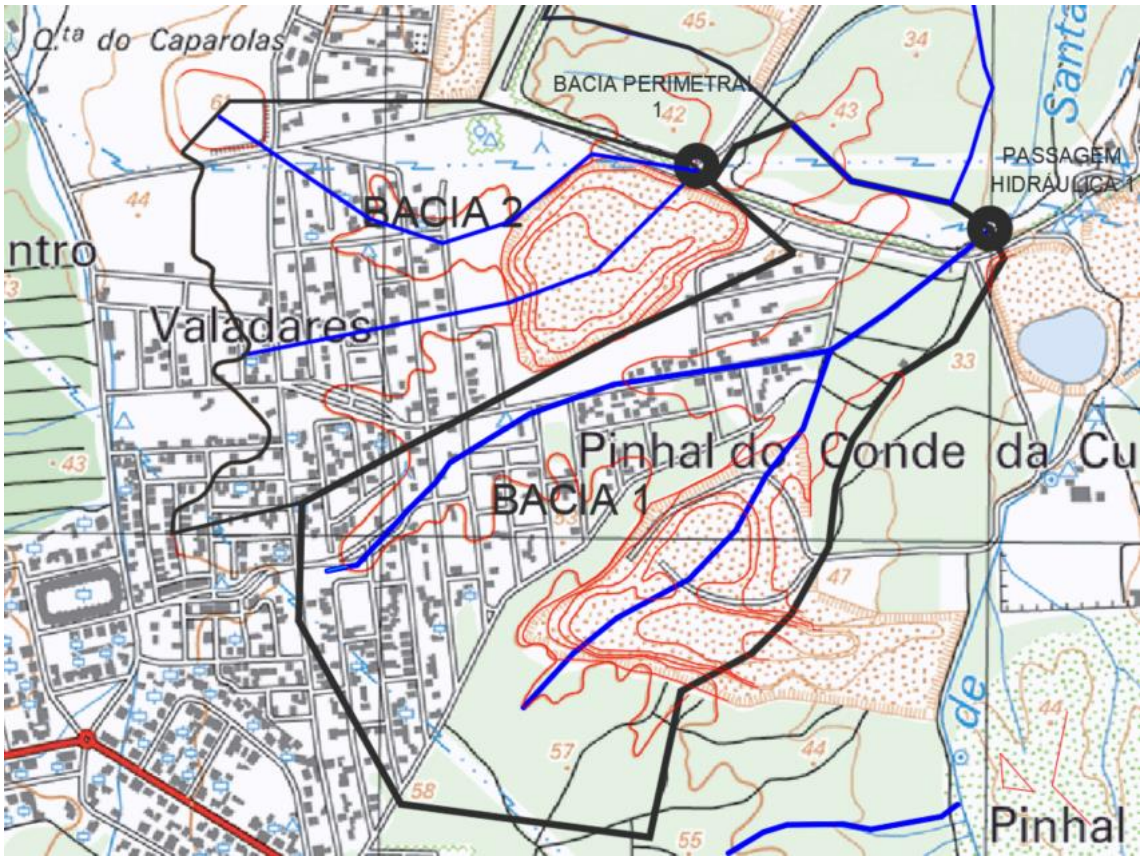


Figura 3 – Carta com as linhas de água e curvas de nível das bacias

4 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

4.1 ENQUADRAMENTO GERAL

A zona de estudo inicia-se na secção de referência da bacia, sendo que a área de influência foi traçada a partir desta secção de referência.

Com o traçado dos perímetros da bacias hidrográficas e identificação das linhas de água, foi possível determinar as suas caraterísticas morfológicas, sendo que no quadro seguinte apresentam-se as características gerais das bacias:

Característica morfológica	**Bacia 1**	**Bacia 2**
Área total da bacia hidrográfica (km^2)	0.67	0.41
Perímetro da bacia hidrográfica (m)	4,003.26	3,097.52
Comprimento da linha de água principal (m)	1,273.96	897.28
Cota máxima da bacia	58.00	60.00
Cota mínima da bacia	30.00	40.00
Altura média da bacia (m)	16.10	11.46
Cota máxima do curso de água	51.00	60.00
Cota mínima do curso de água	30.00	40.00
Declive médio do curso de água principal (%)	0.022	0.022
Número de ordem - Método de Horton-Strahler	2.00	1.00

Característica morfológica	Bacia 1	Bacia 2
Índice de compacidade de Gravelius	4.38	4.30
Fator de forma	0.41	0.51
Retângulo Equivalente	3.96	3.06
Densidade de drenagem (km/km^2)	3.12	2.17

Quadro 1 - Características geomorfológicas das bacias

Os dados completos encontram-se no ANEXO I – FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.

Característica morfológica	Bacia da Vala Perimetral 1	Bacia da Vala Perimetral 2	Bacia da Vala Perimetral 3	Bacia da Vala Perimetral 4	Bacia da Vala Perimetral 5	Bacia da Vala Perimetral 6
Área total da bacia hidrográfica (m^2)	5985.96	13431.72	83247.91	30039.98	19950.27	95315.81
Comprimento da vala (m)	177.04	102.44	504.21	390.83	321.61	538.22
Cota máxima da vala	43	43	50	50	43	41
Cota mínima da mínima	40	38	38	43	41	23
Inclinação média da vala (%)	1.69%	4.88%	2.38%	1.79%	0.62%	3.34%

Quadro 2 - Características das bacias e valas periféricas de drenagem

5 HIDROLOGIA

O objetivo do estudo hidrológico é obter os caudais de ponta de cheia, correspondentes a cada bacia hidrográfica traçada a partir do ponto onde se encontra implantada a seção de referência, tendo por base a carta militar à escala 1:25000.

A metodologia usada no estudo hidrológico, determinação do caudal de ponta de cheia e área inundável e a sequência de cálculo foi a seguinte:

1. Delimitação da bacia hidrográfica na carta militar à escala 1:25.000;
2. Implantação da secção de referência na planta à escala 1:25.000;
3. Determinação das características físicas e morfológicas da bacia hidrográfica.
4. Determinação dos caudais de cálculo associados aos períodos de retorno de 100 anos;
5. Determinação do caudal de ponta de cheia utilizando a metodologia proposta por Brandão (1995).

5.1 MÉTODO DE CÁLCULO

Os caudais de ponta de cheia foram determinados pelo método do diagrama unitário, sendo utilizadas as metodologias auxiliares o coeficiente de escoamento, C; para estabelecimento das condições do solo, as fórmulas de Giandotti, Kirpich e Temez para determinação do tempo de concentração, o método apresentado por Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001, para determinação da intensidade de precipitação e o método racional para determinar os caudais de ponta de cheia para diversos períodos de retorno.

5.2 MÉTODO RACIONAL

Os caudais de ponta de cheia foram determinados pelo Método Racional, que representa não só a percentagem de escoamento da bacia, mas também o efeito de armazenamento e atraso do escoamento dentro da própria bacia, foram calculados de acordo com a fórmula seguinte:

Q = CIA / 3,6

em que:

Q - caudal de cheia [m^3/s]

C - coeficiente de escoamento

I - intensidade de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração da bacia considerada [mm/hr]

A - área da bacia hidrográfica considerada [km^2]

5.3 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO - C

Por definição coeficiente de escoamento é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado (Tucci, RBRH,2000).

A determinação do coeficiente de escoamento “C” necessita do conhecimento prévio de da ocupação do solo, inclinações e características do solo e do local.

O coeficiente de escoamento depende também do solo, pois a infiltração decresce enquanto que a chuva contínua, dependendo das condições do solo. Influenciam também o grau de compactação do solo, porosidade do subsolo, vegetação, declividade e depressões onde a água pode armazenar.

Resumidamente influenciam no coeficiente de escoamento, C, as seguintes variáveis:

- Percentagem da área impermeável
- Uso e características do solo
- Duração da precipitação
- Intensidade da precipitação
- Forma da área de drenagem
- Capacidade de campo da camada de solo
- Declividade da bacia
- Armazenamento de água na superfície do solo
- Interceptação

Como referência para a escolha do coeficiente de escoamento, C, tiveram-se em consideração os seguintes parâmetros de ocupação do solo adaptados de Chow (1964) e que se apresentam nas tabelas seguintes:

Ocupação do solo	C	
	Mínimo	Máximo
Zonas verdes		
relvados em solos arenosos	0,05	0,20

Ocupação do solo	C	
	Mínimo	Máximo
relvados em solos pesados	0,15	0,35
parques e cemitérios	0,10	0,25
campos desportivos	**0,20**	**0,35**
Zonas comerciais		
centro da cidade	0,70	0,95
periferia	0,50	0,70
Zonas residenciais		
vivendas no centro da cidade	0,30	0,50
vivendas na periferia	0,25	0,40
prédios de apartamentos	0,50	0,70
Zonas industriais		
industria dispersa	0,50	0,80
industria concentrada	0,60	0,90
Zonas férreas	0,50	0,40
Ruas e estradas		
asfaltadas	0,70	0,90
de betão	0,80	0,95
de pedra/tijolo	0,70	0,85
Passeios	0,75	0,85
Telhados	0,75	0,95
Baldios	0,10	0,30

Tabela 1 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas urbanas (Chow (1964))

Tipos de solo	C		
	Cobertura da bacia		
	Culturas	Pastagens	Bosques e florestas
com capacidade de infiltração superior à média, usualmente arenosos	0,20	**0,15**	0,10
com capacidade de infiltração média, sem camadas de argila, solos francos.	0,40	0,35	0,30
com capacidade de infiltração inferior à média, solos argilosos pesados ou com uma camada argilosa junto à superfície, solos delgados sobre rocha impermeável.	0,50	0,45	0,40

Tabela 2 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas agrícolas (Chow (1964))

Para o cálculo do caudal de ponta pelo método racional considerou-se um coeficiente de escoamento, C, para todas as bacias, uma vez que o terreno é arenoso com permeabilidade elevada, classificando os solos “com capacidade de infiltração superior à média, usualmente arenosos”. Admitiu-se por isso um coeficiente de escoamento, C de 0,15.

5.4 PERÍODO DE RETORNO - T

O período de retorno adotado e associado à intensidade de precipitação foi de 100 anos.

Para o período de retorno foi determinado o respetivo caudal de ponta de cheia através da utilização do método racional referido anteriormente.

5.5 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO - t

Para a determinação do tempo de concentração, t, da bacia hidrográfica foram consideradas as fórmulas de Giandotti, Kirpich e Temez, descritas abaixo:

Giandotti

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5L}{0{,}80\sqrt{H}}$$

Temez

$$t_c = 1{,}115\frac{L^{0{,}95}}{i^{0{,}19}}$$

Kirpich

$$t_c = 0{,}0663L^{0{,}77}{D_m}^{-0{,}385}$$

Com

t_c tempo de concentração (h);

A área da bacia hidrográfica (km^2);

L comprimento do curso de água principal da bacia (km)

h altura média da bacia (m)

i declive médio do curso de água principal da bacia (m/m);

D_m diferença de cotas entre as extremidades da linha de água principal (km).

Os valores obtidos para o tempo de concentração foram os seguintes:

Bacia	$T_{Giandotti}$ (min)	$T_{Kirpich}$ (min)	T_{Temez} (min)	T_{CDim} (min)
Bacia 1	85	23	47	51.52
Bacia 2	64	16	34	37.74
Bacia da Vala de drenagem 1	25	5	11	13.50
Bacia da Vala de drenagem 2	21	2	6	9.55
Bacia da Vala de drenagem 3	41	10	22	24.32
Bacia da Vala de drenagem 4	36	9	19	21.42
Bacia da Vala de drenagem 5	56	12	20	29.07

Quadro 3 – Tempos de concentração para diversas fórmulas de cálculo

5.6 INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO - I

Para realizar o cálculo dos caudais, começou-se por utilizar as curvas I-D-F (Intensidade – Duração – Frequência) para determinar a intensidade de precipitação para os diversos períodos de retorno.

A intensidade de precipitação para um determinado período de retorno, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica foi determinada com base nas curvas de Intensidade – Duração – Frequência (IDF).

O cálculo da intensidade de precipitação [I], para uma dada duração [t] e período de retorno [T] obtém-se a partir da seguinte expressão:

$$I = at^{b}$$

em que:

I - intensidade de precipitação [mm/h]

t - duração [min]

a e *b* - parâmetros regionais das curvas IDF

Para a definição das chuvadas de projeto foi utilizado o método apresentado por Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 tendo em consideração os parâmetros a e b, da estação udográfica, para chuvadas com duração entre 30 minutos e 6 horas para as bacias 1 e 2, estando estes valores dentro dos tempos de concentração calculados anteriormente, sendo os valores propostos por estes autores os seguintes:

Regiões	**21C/06 Lisboa (IGIDL) 30 minutos a 6 horas**	
T (Anos)	a	b
2	251.82	-0.628
5	345.32	-0.634
10	407.36	-0.637
20	466.92	-0.639
50	544.07	-0.641
100	601.92	-0.642
500	735.65	-0.644
1000	793.16	-0.645

Tabela 3 - Valores dos coeficientes a e b da intensidade de precipitação propostos por Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001

Os valores de precipitação máxima utilizando-se as curvas I-D-F acima indicadas são as seguintes:

IDF - i (mm/h) - BRANDÃO (1995)								
	Tr (anos)							
Bacia	2	5	10	20	50	100	500	1000
Bacia 1	21.18	28.37	33.07	37.61	43.48	47.91	58.10	62.39
Bacia 2	25.75	34.56	40.32	45.88	53.08	58.51	70.99	76.27

Quadro 4 - Valores das precipitações máximas obtidas através das curvas I-D-F de Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001

Verifica-se deste modo, uma aproximação muito significativa entre os valores acima e a aproximação dos valores de precipitação máxima à Lei de Gumbel, pelo que a utilização destas curvas I-D-F é aceitável.

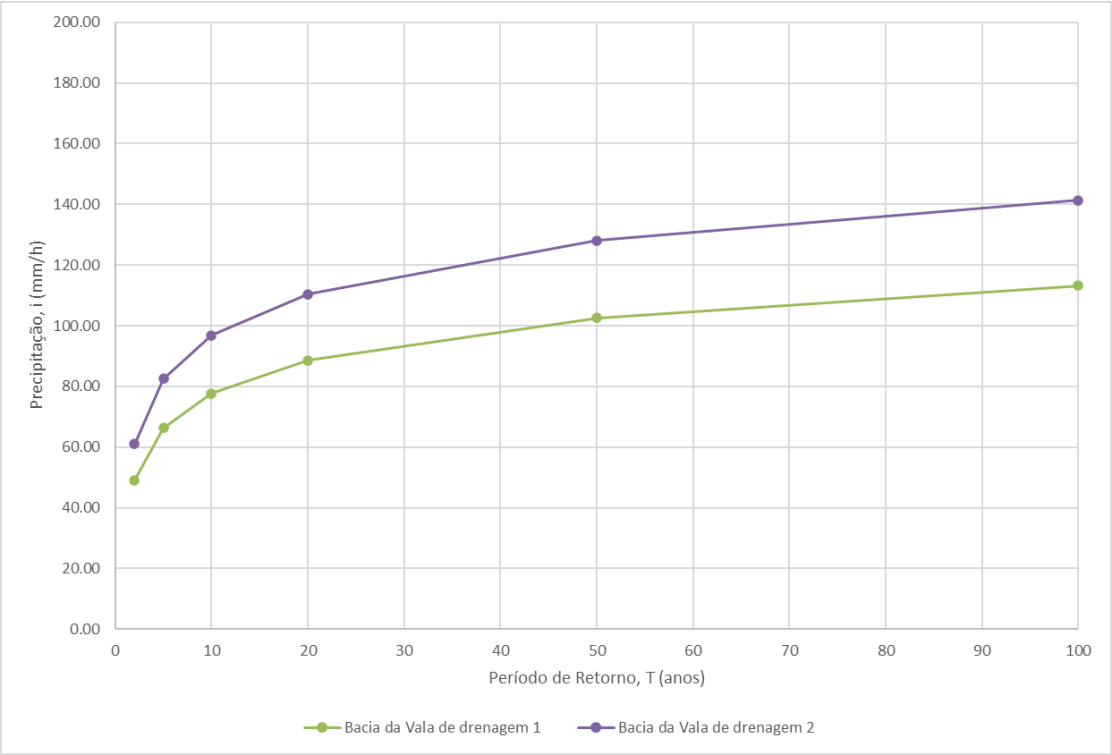


Figura 4 – Gráfico de distribuição dos valores das precipitações máximas obtidas através das curvas I-D-F de Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001

Para as valas de drenagem perimetral os tempos de concentração são inferiores a 30 minutos, pelo que foi utilizada a mesma metodologia, mas com os seguintes coeficientes a e b:

Regiões	**21C/06 Lisboa (IGIDL) 5 a 30 minutos**	
T (Anos)	**a**	**b**
2	176.46	-0.529
5	214.32	-0.449
10	239.69	-0.486
20	264.16	-0.477
50	295.96	-0.467

Regiões	21C/06 Lisboa (IGIDL) 5 a 30 minutos	
T (Anos)	a	b
100	319.86	-0.461
500	375.21	-0.451
1000	399.04	-0.447

Tabela 4 - Valores dos coeficientes a e b da intensidade de precipitação propostos por Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 - valas perimetrais

Os valores de precipitação máxima utilizando-se as curvas I-D-F acima indicadas são as seguintes:

IDF - i (mm/h) - BRANDÃO (1995)

	Tr (anos)							
Bacia	2	5	10	20	50	100	500	1000
Bacia da Vala de drenagem 1	21.18	28.37	33.07	37.61	43.48	47.91	58.10	62.39
Bacia da Vala de drenagem 2	25.85	41.98	41.05	46.74	54.31	59.99	72.97	78.74
Bacia da Vala de drenagem 3	44.54	66.62	67.66	76.34	87.78	96.36	116.02	124.68
Bacia da Vala de drenagem 4	53.49	77.82	80.06	90.04	103.18	113.03	135.62	145.54
Bacia da Vala de drenagem 5	32.62	51.14	50.82	57.64	66.67	73.45	88.96	95.82
Bacia da Vala de drenagem 6	34.88	54.14	54.06	61.24	70.75	77.88	94.20	101.42

Quadro 5 - Valores das precipitações máximas obtidas através das curvas I-D-F de Brandão e Rodrigues, 1998 e Brandão et al., 2001 – valas perimetrais

5.7 CÁLCULO DOS CAUDAIS DE PONTA PELO MÉTODO RACIONAL

Os caudais de ponta máximos para diversos períodos de retorno associados a cada bacia são indicados no quadro seguinte:

	Caudal - BRANDÃO (1995)							
	m^3/s							
Bacia	2	5	10	20	50	**100**	500	1000
Bacia 1	0.587	0.786	0.917	1.043	1.205	**1.328**	1.611	1.730
Bacia 2	0.444	0.596	0.695	0.791	0.915	**1.009**	1.224	1.315

Quadro 6 - Caudais de ponta obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)

Do mesmo modo, para as valas perimetrais obtiveram-se os seguintes valores de caudais de ponta de cheia.

	Caudal - BRANDÃO (1995)							
	m^3/s							
Bacia	2	5	10	20	50	**100**	500	1000
Bacia da Vala de drenagem 1	0.011	0.017	0.017	0.019	0.022	**0.024**	0.029	0.031
Bacia da Vala de drenagem 2	0.030	0.044	0.045	0.050	0.058	**0.063**	0.076	0.081

	Caudal - BRANDÃO (1995)							
	m^3/s							
Bacia	2	5	10	20	50	**100**	500	1000
Bacia da Vala de drenagem 3	0.113	0.177	0.176	0.200	0.231	**0.255**	0.309	0.332
Bacia da Vala de drenagem 4	0.044	0.068	0.068	0.077	0.089	**0.097**	0.118	0.127
Bacia da Vala de drenagem 5	0.025	0.039	0.039	0.044	0.051	**0.056**	0.068	0.074
Bacia da Vala de drenagem 6	0.136	0.212	0.211	0.239	0.276	**0.304**	0.368	0.396

Quadro 7 - Caudais de ponta para as valas de drenagem obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)

De acordo com a distribuição das valas de drenagem perimetral, que drenam para o interior da corta, bem como a contribuição da bacia de drenagem 2, considera-se que o caudal total a considerar para a bacia de decantação será o somatório de todos os caudais de ponta de cheia das bacias de drenagem perimetral, acrescido do caudal de ponta de cheia da bacia 2.

Adicionalmente aos caudais referidos anteriormente é necessário considerar a precipitação sobre a área da corta. Considerou-se, por isso, adequado utilizar as características de precipitação da bacia 2 e estimar o valor do escoamento da precipitação com base nesses valores. A área da pedreira é de cerca de 603.684,83 m^2, considerando-se os valores referidos para a bacia 2, obtêm-se os seguintes valores.

				Caudal - BRANDÃO (1995)							
				m^3/s							
Bacia	Area (km2)	T_{CDim} (min)	C	2	5	10	20	50	**100**	500	1000
Corta	0.604	37.74	0.15	0.648	0.869	1.014	1.154	1.335	**1.472**	1.786	1.918

Quadro 8 - Caudais de ponta para a precipitação sobre a corta obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)

Deste modo, considera-se que a bacia de drenagem deverá ser dimensionada para um caudal de 3,306 m^3/s.

6 REDE DE DRENAGEM

6.1 REDE DE DRENAGEM EXISTENTE

A rede de drenagem existente corresponde à bacia 2 é natural, entrando na pedreira em canal natural. As fotografias abaixo apresentam o estado atual da zona a jusante das passagens hidráulicas sob a A33.



Figura 5 – Localização da passagem hidráulica sob a A33



Figura 6 – Passagem hidráulica sob a A33



Figura 7 – Passagem hidráulica sob a A33



Figura 8 – Passagem hidráulica sob a A33 Diâmetro de 1,50 m.



Figura 9 – Entrada na zona da pedreira no alinhamento da PH sob a A33



Figura 10 – Entrada na zona da pedreira no alinhamento da PH sob a A33

A rede de drenagem no interior da pedreira é inexistente, uma vez que toda a pluviosidade drena para o interior.

A bacia 1 drena para a passagem hidráulica 1, que é uma construção relativamente recente, que faz o atravessamento do atual caminho de acesso à pedreira. O escoamento até esta Passagem Hidráulica, faz-se por vala aparentemente natural. As tubagens são em manilha de betão com diâmetro de 1,50m e extensão de 15m.

As figuras seguintes representam o referido anteriormente.



Figura 11 – Passagem hidráulica 1 existente no acesso de entrada da Pedreira - Jusante



Figura 12 – Passagem hidráulica 1 existente no acesso de entrada da Pedreira - Montante



Figura 13 – Vala de drenagem para a Passagem Hidráulica 1

6.2 CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO

Os caudais de dimensionamento considerados para a passagem hidráulica 1, para as valas de drenagem periférica e para a bacia de decantação são os seguintes:

Bacia	Designação	Tr Anos	Caudal m³/s
			Q_{Dim}
Bacia 1	Passagem hidráulica 1	100	1.328
Bacia 2		100	1.034
Bacia da Vala de drenagem 1	Vala de drenagem 1	100	0.024
Bacia da Vala de drenagem 2	Vala de drenagem 2	100	0.063
Bacia da Vala de drenagem 3	Vala de drenagem 3	100	0.255
Bacia da Vala de drenagem 4	Vala de drenagem 4	100	0.097
Bacia da Vala de drenagem 5	Vala de drenagem 5	100	0.056
Bacia da Vala de drenagem 6	Vala de drenagem 6	101	0.304
Corta	Passagem hidráulica 1	100	1.472
Bacia de retenção	Restituição	100	3.306

Quadro 9 - Caudais de ponta de cheias de dimensionamento para o período de retorno de 100 anos obtidos com através da metodologia de Brandão (1995)

7 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS

Para o cálculo das condições de escoamento na passagem hidráulica 1 teve-se em consideração as cotas de implantação, a inclinação da passagem hidráulicas no atravessamento, o caudal escoado, o material constituinte do canal, a sua secção transversal e a sua inclinação.

A altura do escoamento é calculada tendo em consideração que o escoamento se realiza em regime uniforme e pode ser calculado através do seguinte procedimento.

7.1 Determinação da altura uniforme em secções circulares

1) Lei de resistência ao escoamento do tipo Gauckler-Manning-Strickler

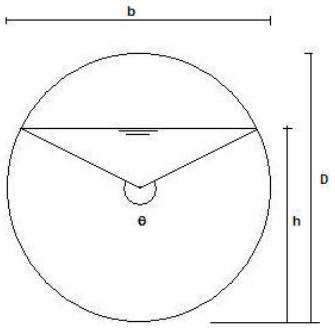
$$Q = K_s A R^{2/3} \sqrt{i}$$

2) Determinar a área e o perímetro molhado em função do ângulo θ,

$$A = (\theta - sen\theta)\frac{D^2}{8}$$

$$P = \frac{D\theta}{2}$$

$$\theta = 2\arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$



3) Substituir na equação em 1)

$$Q = K_s(\theta - sen\theta)\frac{D^2}{8}\left(\frac{(\theta - sen\theta)\frac{D^2}{8}}{\frac{D\theta}{2}}\right)^{2/3}\sqrt{i}$$

$$Q = K_s(\theta - sen\theta)\frac{D^2}{8}\left(\frac{(\theta - sen\theta)D}{4\theta}\right)^{2/3}\sqrt{i}$$

$$Q = K_s\frac{(\theta - sen\theta)^{5/3}}{(4\theta)^{2/3}}\frac{D^{8/3}}{8}\sqrt{i}$$

4) Reescrever a expressão pondo em evidência θ;

$$\theta = sen\theta + \left(\left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)\frac{(4\theta)^{2/3}8}{D^{8/3}}\right)^{3/5}$$

$$\theta = sen\theta + \left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)^{3/5}\frac{4^{12/5}\theta^{2/5}}{D^{8/5}}$$

7.2 Processo de cálculo

1º) Calcular $\left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)^{3/5}$

2º) Calcular $\frac{4^{12/5}}{D^{8/5}}$

3º) Arbitrar o primeiro valor para θ, **em radianos**

4º) Calcular o valor seguinte de θ_{n+1}, na fórmula :

$$\theta_{n+1} = sen\theta_n + \left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)^{3/5}\frac{4^{12/5}\theta_n^{2/5}}{D^{8/5}}$$

5º) Se $|\theta_{n+1} - \theta_n| \le erro$ então $\theta_u = \theta_{n+1}$, caso contrário voltar ao 4º passo, com $\theta_n = \theta_{n+1}$

6º) Calcular $h_u = \frac{1-\cos\left(\frac{\theta_u}{2}\right)}{2}D$

Para o dimensionamento das passagens hidráulicas, constituídas por manilhas de betão de 1,00 m de diâmetro considerou-se um coeficiente de resistência ao escoamento, K_S de 75 $m^{1/3}s^{-1}$ (n=0,013), que é usual para superfícies de revestimento em betão.

O caudal de dimensionamento para a verificação da passagem hidráulica 1 teve em consideração o caudal de ponta de cheia para o período de retorno de 100 anos, calculado para a bacia 1. Os valores de verificação encontram-se nos quadros abaixo.

		Tr	Caudal	Estrutura							
		Anos	m^3/s	Cota de Entrada	Cota de Saída	Comprimento	Inclinação	Tipo	Dimensão ϕ ou B	Tipo de seção	n
Bacia	Designação		Q_{Dim}	m	m	m	m/m		m		$(s/m^{1/3})$
Bacia 1	Passagem hidráulica 1	100	1.328	26.48	26.00	15.00	0.032	Manilha de betão	1.50	Circular	0.013

Quadro 10 - Parâmetros de dimensionamento da passagem hidráulica 1

		Condições de escoamento					Escoamento crítico	
		h Altura do escoamento	V Velocidade do escoamento < 5,0 m/s	h/D h/L< 0,65	Tipo de escoamento	$(Q/K_s x i^{1/2})^{0,6}$ Área circular	Altura crítica	Velocidade crítica
Bacia	Designação	m	m/s	-	.	-		
Bacia 1	Passagem hidráulica 1	0.332	4.559	0.222	Regime Lento	0.291	0.057	0.751

Quadro 11 - Verificação do dimensionamento da passagem hidráulica 1

Verifica-se assim, que a manilha instalada tem capacidade de drenagem para o escoamento da bacia 1, sendo que o escoamento se dá em cerca de 22% da secção útil da manilha.

8 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DAS VALAS PERIMETRAIS E DO CANAL DE RESTITUIÇÃO

Para o cálculo das condições de escoamento das valas de drenagem perimetral e do canal de restituição da bacia de decantação teve-se em consideração as cotas de implantação, a inclinação das valas e canal, o caudal escoado, o material constituinte do canal, a sua secção transversal e a sua inclinação.

A altura do escoamento é calculada tendo em consideração que o escoamento se realiza em regime uniforme e pode ser calculado através do seguinte procedimento.

8.1 Determinação da altura uniforme em secções trapezoidais

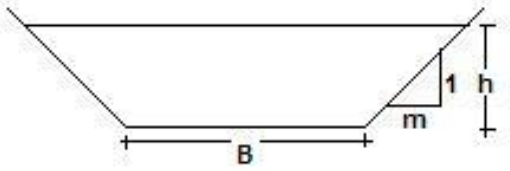
1) Lei de resistência ao escoamento do tipo Gauckler-Manning-Strickler

$$Q = K_s A R^{2/3} \sqrt{i}$$

2) Determinar a área e o perímetro molhado

$$A = (B + mh)h$$

$$P = B + 2\sqrt{1 + m^2}\,h$$



3) Substituir na equação em 1)

$$Q = K_s(B+mh)h\left(\frac{(B+mh)h}{B+2\sqrt{1+m^2}h}\right)^{2/3}\sqrt{i}$$

4) Reescrever a expressão pondo em evidência *h*;

$$h_{n+1} = \left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)^{3/5}\frac{\left(B+2\sqrt{1+m^2}h_n\right)^{2/5}}{B+mh_n}$$

8.2 Processo de cálculo

1º) Calcular $\left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)^{3/5}$

2º) Calcular $2\sqrt{1+m^2}$

3º) Arbitrar o primeiro valor para *h*,

4º) Calcular o valor seguinte de h_{n+1}, na fórmula:

$$h_{n+1} = \left(\frac{Q}{K_s\sqrt{i}}\right)^{3/5}\frac{\left(B+2\sqrt{1+m^2}h_n\right)^{2/5}}{B+mh_n}$$

5º) Se $|h_{n+1}-h_n| \le erro$ então $h_u = h_{n+1}$, caso contrário voltar ao 4º passo, com $h_n = h_{n+1}$

Para o dimensionamento dos canais e valas considerou-se o revestimento em material existente no local com um coeficiente de resistência ao escoamento, K_s de 41.7 $m^{1/3}s^{-1}$ (n=0,024), obtido com base na seguinte referência:

Condições do Canal		**n**
Material revestido	Terra	0,020
	Rocha Cortada	0,025
	Cascalho Fino	**0,024**
	Cascalho Grosso	0,028
Grau de Irregularidade	Liso	0,000
	Insignificante	0,005
	Moderado	0,010
	Severo	0,020
Variações na seção transversal	Gradual	0,000
	Alternado Ocasionalmente	0,005
	Alternado Frequentemente	0,010-0,015
Efeito Relativo das obstruções	Desprezável	0,000
	Insignificante	0,010-0,015
	Apreciável	0,020-0,030
	Severo	0,040-0,060

Condições do Canal		n
Vegetação	Baixa	0,005-0,010
	Média	0,010-0,025
	Alta	0,025-0,050
	Muito Alta	0,050-0,100
Grau de Sinuosidade	Insignificante	1,000
	Apreciável	1,150
	Severa	1,300

Tabela 5 - Valores do coeficiente de Manning (Chow 1959)

Consideraram as valas de drenagem periférica em secção triangular, enquanto o canal de restituição será em secção trapezoidal com 1,00m de largura de base.

		Tr	Caudal	Estrutura							
		Anos	m^3/s	Cota de Entrada	Cota de Saída	Comprimento	Inclinação	Tipo	Dimensão ϕ ou B	Tipo de seção	n
Bacia	Designação		Q_{Dim}	m	m	m	m/m		m		$(s/m^{1/3})$
Bacia da Vala de drenagem 1	Vala de drenagem 1	100	0.024	43.00	40.00	177.04	0.017	Canal triangular	0.01	Triangular (1:1)	0.024
Bacia da Vala de drenagem 2	Vala de drenagem 2	100	0.063	43.00	38.00	102.44	0.049	Canal triangular	0.01	Triangular (1:1)	0.024
Bacia da Vala de drenagem 3	Vala de drenagem 3	100	0.255	50.00	38.00	504.21	0.024	Canal triangular	0.01	Triangular (1:1)	0.024
Bacia da Vala de drenagem 4	Vala de drenagem 4	100	0.097	50.00	43.00	390.83	0.018	Canal triangular	0.01	Triangular (1:1)	0.024
Bacia da Vala de drenagem 5	Vala de drenagem 5	100	0.056	43.00	41.00	321.61	0.006	Canal triangular	0.01	Triangular (1:1)	0.024
Bacia da Vala de drenagem 6	Vala de drenagem 6	101	0.304	41.00	23.00	538.22	0.033	Canal triangular	0.01	Triangular (1:1)	0.024
Bacia de retenção	Restituição	100	3.306	0.00	0.00	0.00	0.010	Canal trapezoidal	1.00	Trapezoidal (1:1)	0.024

Quadro 12 - Parâmetros de dimensionamento das valas de drenagem periférica e do canal de restituição

		Condições de escoamento				Escoamento crítico	
		h Altura do escoamento	V Velocidade do escoamento < 5,0 m/s	Tipo de escoamento	$(Q/K_s x i^{1/2})^{0,6}$ Área circular	Altura crítica	Velocidade crítica
Bacia	Designação	m	m/s	.	-		
Bacia da Vala de drenagem 1	Vala de drenagem 1	0.164	0.837	Rápido	0.039	0.838	2.867
Bacia da Vala de drenagem 2	Vala de drenagem 2	0.195	1.586	Rápido	0.050	1.598	3.959
Bacia da Vala de drenagem 3	Vala de drenagem 3	0.381	1.714	Rápido	0.144	4.045	6.299
Bacia da Vala de drenagem 4	Vala de drenagem 4	0.279	1.212	Rápido	0.088	2.132	4.573
Bacia da Vala de drenagem 5	Vala de drenagem 5	0.276	0.711	Rápido	0.087	1.477	3.807
Bacia da Vala de drenagem 6	Vala de drenagem 6	0.382	2.036	Rápido	0.145	4.552	6.683
Bacia de retenção	Restituição	0.779	2.384	Rápido	0.870	1.037	3.189

Quadro 13 - Dimensionamento das valas de drenagem periférica e do canal de restituição

Verifica-se que o escoamento nas valas e no canal de restituição se dá com velocidades de escoamento aceitáveis.

9 RECAÍDAS DAS VALAS DE DRENAGEM

As recaídas das valas de drenagem periférica para o interior da corta devem ser realizadas com material granular de média dimensão, sendo que na base das recaídas deverá ser considerada uma caixa de dissipação de energia, com o mesmo material.

O material a utilizar deverá ser enrocamento com dimensões de D50 = 200mm, sendo colocado em escavação em caixa ao longo do talude. Esta caixa deverá ter pelo menos 50x50cm correspondendo a 2,5 vezes o diâmetro médio do material de enrocamento. O material deverá ser arrumado, por forma a melhorar as condições de imbricamento das pedras utilizadas.

A bacia de dissipação deverá ser do mesmo material, colocada em caixa escavada no terreno com uma profundidade mínima de 1,00m (5 vezes o diâmetro médio do material). Deverá ter uma área em planta de pelo menos 1,0 m de largura por 1,0 m de comprimento, permitindo a dissipação de energia ao longo do percurso.

Apresentam-se de seguida figuras representativas do modelo de recaída proposto.

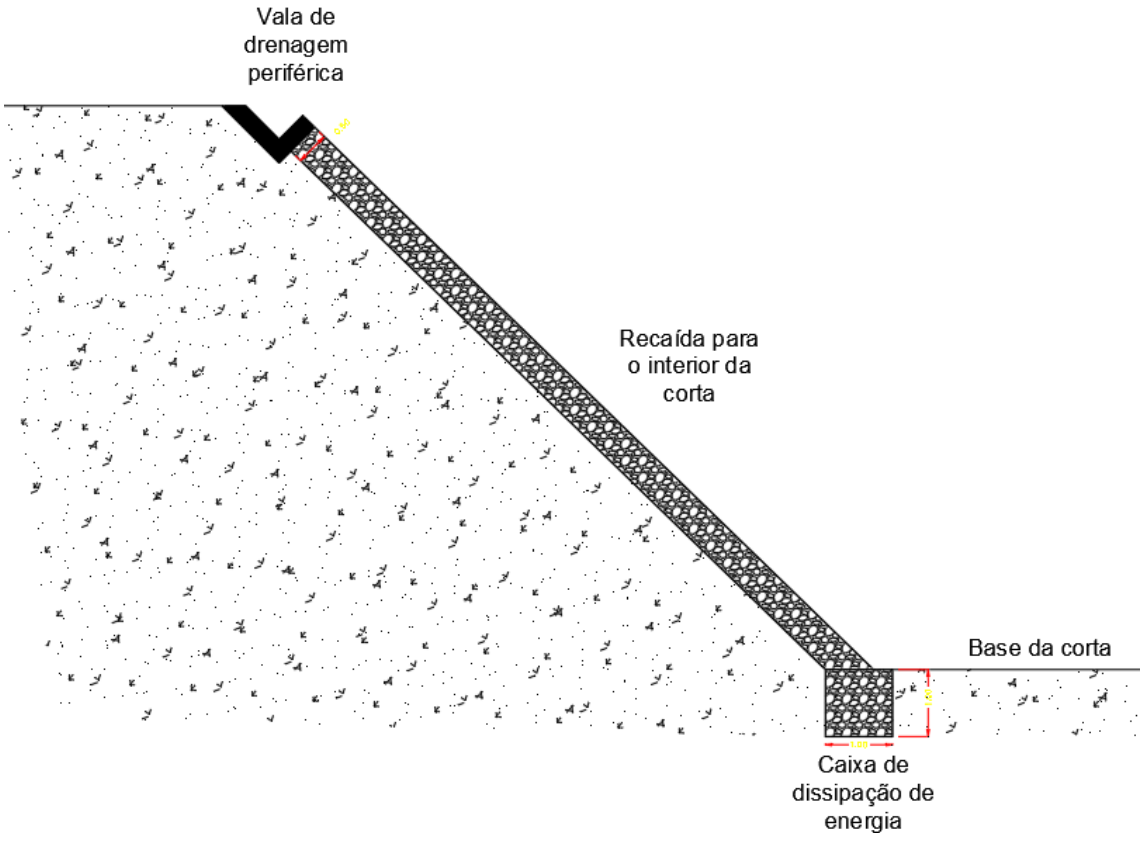


Figura 14 – Esquema das recaídas de drenagem para a corta.

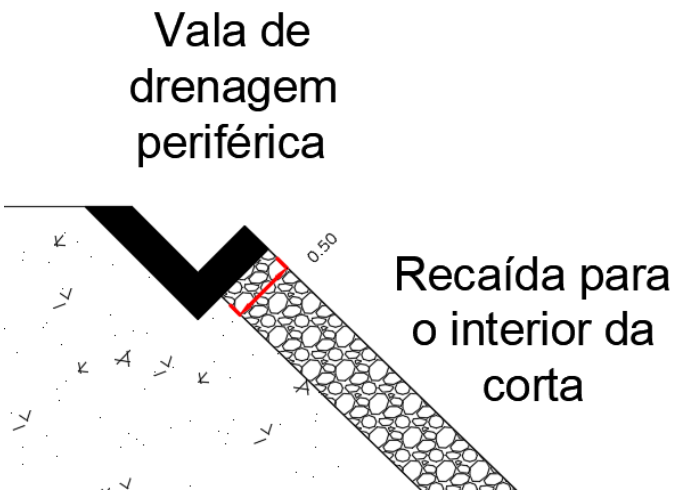


Figura 15 – Esquema das recaídas de drenagem para a corta – Passagem da vala de drenagem periférica para a recaída

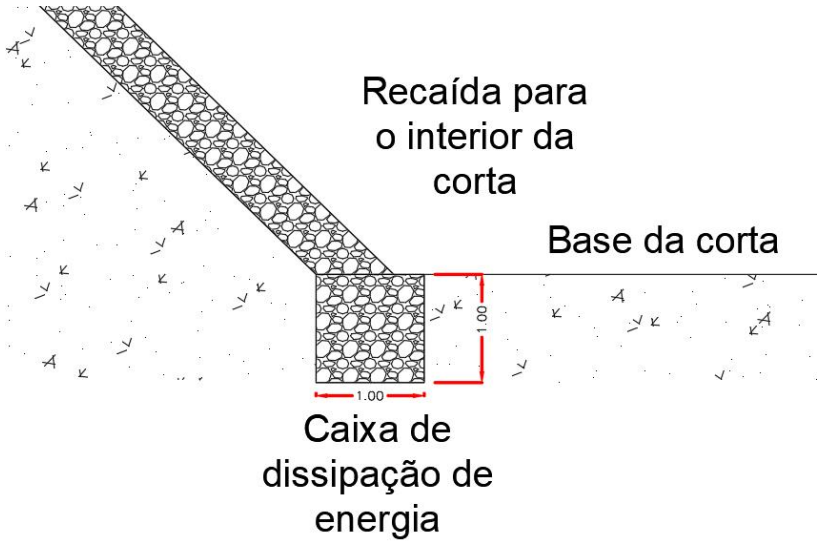


Figura 16 – Esquema das recaídas de drenagem para a corta – Caixa de dissipação de energia

10 BACIA DE DECANTAÇÃO DE SÓLIDOS

A bacia de decantação (BD's) de sólidos está disposta em cascata e o seu dimensionamento teve por base a metodologia de dimensionamento que se segue, sendo que deverá estar implantado a montante da restituição, por forma a realizar a decantação das partículas sólidas, evitando a sua entrada no sistema pluvial existente.

O objectivo desta estrutura é a separação por decantação areias que se encontram em suspensão na água de precipitação e também eventuais sólidos de maior diâmetro em suspensão das águas da exploração da pedreira.

10.1 Funcionamento

O objectivo de funcionamento da bacia de decantação de sólidos é provocar a deposição por decantação de partículas sólidas mediante redução da velocidade do escoamento e a sedimentação das partículas sólidas em suspensão

10.2 Descrição do processo

Reduzir e controlar a velocidade de escoamento de forma a forçar a sedimentação ou deposição de partículas acima de um determinado padrão.

10.3 Dimensionamento

O cálculo do comprimento e largura mínimos da bacia de decantação de sólidos foram obtidos através da seguinte metodologia.

Considera-se que uma partícula que se encontra no Ponto 1 deverá atingir o Ponto 2

decorrido t segundos.

Portanto, decorridos t segundos, o tempo de deslocação na vertical (tempo de separação), será de:

$t_v = H / V_s$ (tempo de deslocamento na vertical)

que deverá ser igual ao tempo de percurso, ou seja, deslocamento da partícula na horizontal:

$t_h = L / V$ (tempo de deslocamento na horizontal)

Igualando as duas expressões teremos que

$H/V_s = L/V$

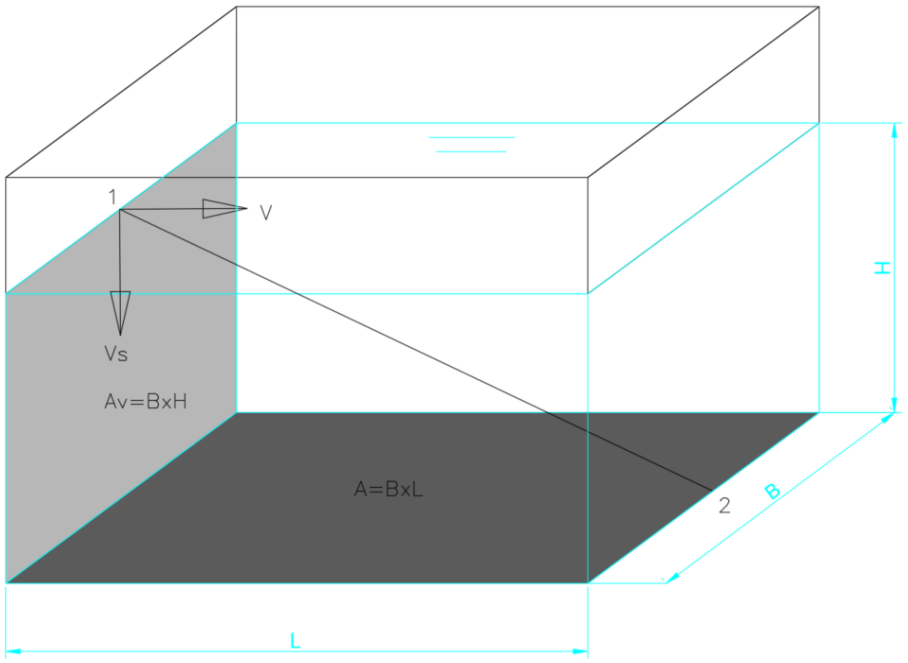


Figura 17 – Esquema da bacia de decantação de sólidos

Sabendo-se o valor do caudal, Q, podemos definir a área S = BxH, através da equação da continuidade:

Q = VxS

Q = VxBxH

BxH = Q/V

Conhecida a área S = BxH adotam-se valores convenientes para B e H.

O processo de cálculo, tendo por base os parâmetros conhecidos de caudal, Q, diâmetro máximo das partículas a decantar, D, segue então os seguintes passos:

1. Calcular V_s em função do diâmetro, D, das partículas;
2. Calcular a área da secção em planta da bacia de decantação, BxH, pela equação de continuidade, com base em Q;
3. Calcular o tempo de separação. t_s (tempo mínimo para que se dê a deposição da partícula)
4. Calcular a velocidade horizontal do escoamento, V_h, e obter a largura mínima, B, da bacia de decantação.
5. Calcular o comprimento mínimo da bacia de decantação, considerando t >= t_s

Como referência para os diâmetros dos grãos utilizou a escala de Wentworth, definida abaixo:

Escala de Wentworth	**Diâmetro do grão (mm)**	
Granulometria	Máximo	Mínimo
Bloco	256	128
Calhau/Burgau	128	64
Cascalho	64	2
Areão	2	1
Areia muito grosseira	1	0,5
Areia grosseira	0,5	0,25
Areia média	0,25	0,125
Areia fina	0,125	0,062
Areia muito fina	0,062	0,031
Silte grosseiro	0,031	0,016
Silte Médio	0,016	0,008
Silte fino	0,008	0,004
Silte muito fino	0,004	0,002
Argila	0,002	(-)

Tabela 6 - Escala de Wentworth

A velocidade de sedimentação das partículas é calcula pela Lei de Stokes, com base na seguinte equação:

$$V_s = \frac{D^2 \times (\gamma_s - \gamma)}{18\mu}$$

Sendo,

D – diâmetro das partículas (m)

γs – peso específico das partículas (26500 kN/m^3)

γ - peso específico da água (10000 kN/m^3)

μ – viscosidade da água (0,00101 m^2/s)

10.4 Parâmetros de cálculo - bacias de decantação

O dimensionamento da bacia de decantação de sólidos tem como referência o caudal de drenagem para a corta, com os contributos da bacia 2 e das valas de drenagem periférica, num caudal total de 3,31m^3/s. A área de implantação é condicionante para o dimensionamento, uma vez que corresponde a velocidade do escoamento é inversamente proporcional à área de implantação, considerou-se que a verificação da bacia de decantação estará associada à análise do diâmetro mínimo que a bacia de decantação de sólidos conseguirá reter em função das suas dimensões.

Os parâmetros de cálculo utilizados para o dimensionamento das bacias de decantação de sólidos foram os seguintes:

- Velocidade máxima do fluxo no Bacia de decantação – para deposição: V<0,30 m/s;

O cálculo da dimensão da bacia de retenção e decantação de sólidos, é apresentado no quadro seguinte:

Caudal	3,31	m^3/s
Movimento ascensional		
1. Calcular Vs em função do diâmetro das partículas		
Diâmetro mínimo das partículas a serem retidas – Areia muito fina	0,0935	mm
γ_s =	26500	N/m^3
γ =	9980	N/m^3
γ_s/γ =	2,655	
m =	1,01E-03	m^2/s
Vs =	0,0079	m/s
2. Calcular a área da seção em planta, Ah		
Ah = Q/Vt		
Ah =	416,2	m^2
3. Calcular o tempo de separação. Ts (tempo mínimo para que se dê a deposição da partícula)		
ts = h/Vt		
h - altura de água à entrada da câmara (m)	2,00	m
ts =	252	seg
4. Calcular a velocidade horizontal do escoamento, Vh		
Vh = Q/Av	0,110	m/s
Av = h x B	30,0	m^2
B - largura da câmara (m)	15,0	m
5. Calcular o comprimento mínimo do desarenador, considerando tr >= ts		
Lmin = Tr x Vh	27,74	m

Quadro 14 - Cálculo da bacia de decantação de sólidos

Verificou-se que a capacidade de deposição da bacia de decantação corresponde a partículas com diâmetros iguais ou superiores a 0,0935 mm de diâmetro, equivalentes a areia fina.

As dimensões da bacia de decantação serão de 15x28 m^2. Estas dimensões podem ser ajustadas em largura e comprimento, no entanto, a área em planta deverá ser sempre igual ou superior a 420 m^2.

A implantação e localização da bacia de retenção deverá garantir, ao longo do período de exploração, que as águas são encaminhadas interiormente para a sua entrada. Para a modelação final, a bacia de decantação está localizada numa zona intermédia que garante que as águas interiores da corta serão encaminhadas por canais com as dimensões iguais ao canal de restituição para ambas as cortas finais, o escoamento atravessa a bacia de decantação e segue para serem restituídas na Vala de Santa Marta.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do estudo realizado e das verificações feitas é possível responder às questões levantadas para CCDR-LVT nos seguintes moldes:

- Foram indicadas as localizações das passagens hidráulicas existentes construídas e a verificação do dimensionamento da passagem hidráulica na zona do acesso executado;
- Foi implantado e dimensionado o sistema de drenagem de águas pluviais, composto por valas de drenagem periférica e recaídas para o interior da corta;
- Foi implantada a dimensionada a bacia de decantação de sólidos, de toda a água acumulada no fundo da corta e as águas pluviais encaminhadas do sistema de drenagem perimetral. Esta bacia de decantação deverá ter uma área de implantação de pelo menos 420 m^2.
- Foi proposto um sistema de recaídas das águas drenadas para o interior da corta através de enrocamento permitindo a perda de carga ao longo da descida e uma caixa de enrocamento para permitir a dissipação de energia.

Em anexo são apresentados desenhos e pormenores das soluções propostas.

28 de Abril de 2023

Pedro Chichorro Rodrigues

Eng. Civil, Mestre em Construção
Engenheiro Sénior e Especialista em Direção e Gestão da Construção
Ordem dos Engenheiros, nº 47092

ANEXO I – FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Caracterização da Bacia

Coordenadas LA -88516.6995 LO -116989.8147

Referência da Bacia : Bacia 1

Características físicas

Área :	0.665	km²	Perímetro :	4003.26	m	Raio :	145.53	m

Coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius, K_c – é a relação entre o perímetro, P, da bacia e a circunferência de um círculo de igual área, A, de raio r.

$$K_c = \frac{P}{2\pi r}$$ K_c = 4.38

Quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o respectivo coeficiente de compacidade. A tendência para grandes cheias será tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor deste coeficiente.

Comprimento da bacia, ***L***, comprimento do curso de água principal	L =	1273.96	m
Largura média da bacia, *l*, a relação entre o comprimento, L, e a área da bacia, A	l =	522.24	m²/m

Factor de Forma, K_f – é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia.

$$K_f = l/L = \frac{A}{L^2}$$

Uma bacia com um factor de forma baixo encontra-se menos sujeita a cheias que outra do mesmo tamanho, mas com um factor de forma maior. Uma bacia estreita e longa, com um factor de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão, também a contribuição dos seus afluentes atinge o curso de água em diferentes secções do mesmo, afastando-se da condição limite da bacia circular.

K_f = 0.41

Constância do escoamento

	Perenes – escoam água durante todo o ano.
	Intermitentes – em geral escoam durante as estações húmidas e secam nas de estiagem.
X	***Efémeros*** – existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação.

Ordem dos cursos de água - *Método de Horton-Strahler*

São considerados de primeira ordem as linhas de água iniciais, que não tenham afluentes; quando duas linhas de água de primeira ordem se unem é formada uma de segunda ordem; a junção de duas linhas de segunda ordem dá origem à formação de uma de terceira ordem e assim sucessivamente. Assim, dois rios de ordem n dão lugar a um rio de ordem n+1.

n = 2

Densidade de drenagem – λ

Índice que exprime a relação do comprimento total, L, dos cursos de água de uma bacia(sejam eles efémeros, intermitentes ou perenes) e a área total, A, da mesma bacia.

A densidade de drenagem varia directamente com a extensão do escoamento superficial. Valor de 0,5 km/km², para bacias mal drenadas e maior que 3,5 km/km², para bacias excepcionalmente bem drenadas.

$$\lambda = \sum L_i / A = \Lambda / A$$

ΣL_i = 2073.29 m

λ = 3.12

Percurso médio do escoamento superficial – P_s

Distância média que a água da chuva teria que percorrer, caso o escoamento se desse em linha recta, desde o ponto de queda na bacia até ao curso de água mais próximo. Admitindo que uma bacia de área A possa ser representada por uma área de drenagem rectangular, com um único curso de água, de extensão L = Λ, passando pelo seu centro.

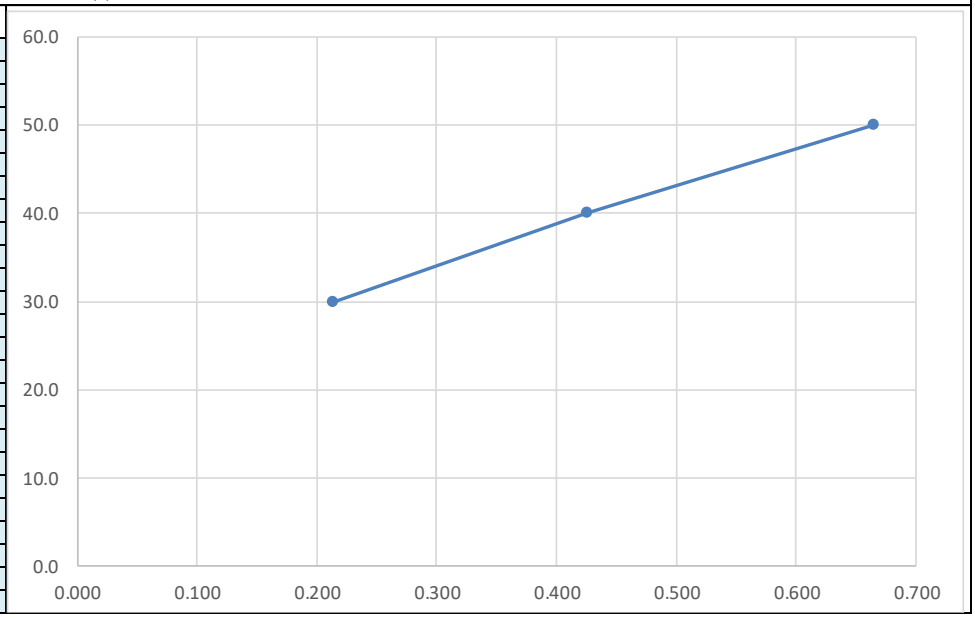
$$\overline{P}_s = A / 4\Lambda$$

P_s = 80.225 m²/m

Características do relevo

Curva hipsométrica : Representa a área, A, da bacia que fica acima de cada cota, Z, em referência ao nível médio o mar, expressa em unidades de área ou em percentagem da área total : A = f(Z).

Z	A
30.0	0.214
40.0	0.426
50.0	0.665



Características do relevo

Altitude média, Z

$$\overline{Z} = \frac{\sum Z_i A_i}{A}$$

Z = 46.1 m

Z_{100} Altitude mínima

Z_{100} = 30 m

Altura média, H

H = 16.10 m

Inclinação média do leito

i_{med} = 0.0220

Rectângulo equivalente

Rectângulo de comprimento, *Le* e largura *le*, de perímetro e área iguais aos da bacia.

Lc = 3.962 m

Índice de declividade de Roche – I_p

$$I_p = \frac{Z_0 - Z_{100}}{L_e}$$

Z_0 = 51 m

I_p = 5.3006 m/m

Índice de declive global – I_g

$$I_g = \frac{Z_5 - Z_{95}}{L_e}$$

Z_{95} = 30 m

Z_5 = 58 m

I_g = 7.0674 m/m

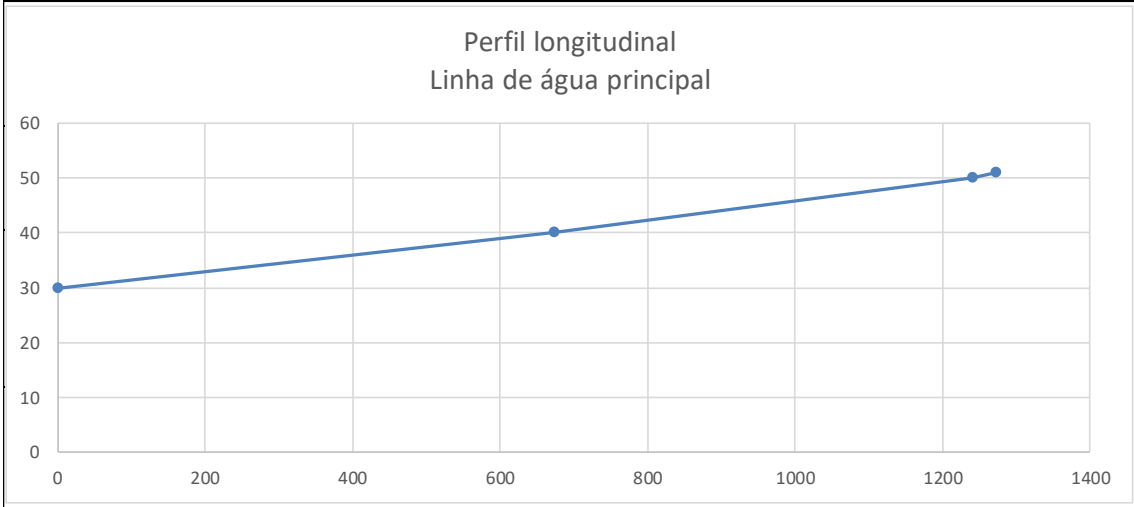
Índice de massividade

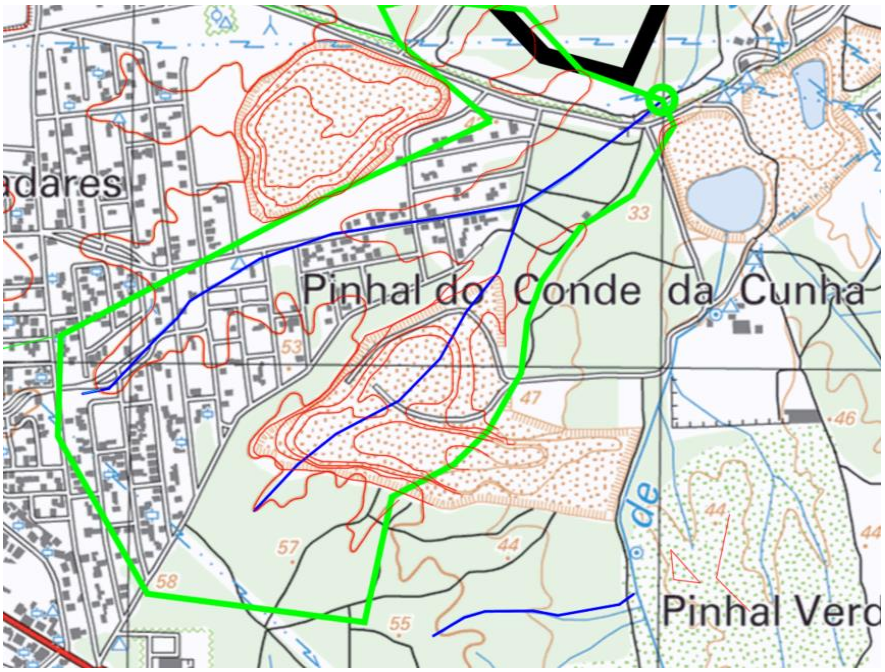
i_m = 24.1989 m/km²

Coeficiente orográfico

C_{Oro} = 0.6653 m²/km²

O coeficiente Orográfico combina duas variáveis essenciais do relevo de uma bacia hidrográfica: a sua altura média, que tem influência sobre a energia potencial da água e o seu declive que tem influencia sobre o escoamento superficial. Admite-se que um valor do coeficiente Orográfico igual ou inferior a 6 indica um relevo pouco acentuado e superior a 6 um relevo acentuado.





Caracterização da Bacia

Coordenadas LA -89000.4724 LO -116886.3683

Referência da Bacia : Bacia 2

Características físicas

Área :	0.414	km²	Perímetro :	3097.52	m	Raio :	114.75	m

Coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius, K_c – é a relação entre o perímetro, P, da bacia e a circunferência de um círculo de igual área, A, de raio r.

$$K_c = \frac{P}{2\pi r}$$ K_c = 4.30

Quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o respectivo coeficiente de compacidade. A tendência para grandes cheias será tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor deste coeficiente.

Comprimento da bacia, ***L***, comprimento do curso de água principal	L =	897.28	m
Largura média da bacia, *l*, a relação entre o comprimento, L, e a área da bacia, A	l =	461.03	m²/m

Factor de Forma, K_f – é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia.

$$K_f = l/L = \frac{A}{L^2}$$

Uma bacia com um factor de forma baixo encontra-se menos sujeita a cheias que outra do mesmo tamanho, mas com um factor de forma maior. Uma bacia estreita e longa, com um factor de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão, também a contribuição dos seus afluentes atinge o curso de água em diferentes secções do mesmo, afastando-se da condição limite da bacia circular.

K_f = 0.51

Constância do escoamento

	Perenes – escoam água durante todo o ano.
	Intermitentes – em geral escoam durante as estações húmidas e secam nas de estiagem.
X	***Efémeros*** – existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação.

Ordem dos cursos de água - *Método de Horton-Strahler*

São considerados de primeira ordem as linhas de água iniciais, que não tenham afluentes; quando duas linhas de água de primeira ordem se unem é formada uma de segunda ordem; a junção de duas linhas de segunda ordem dá origem à formação de uma de terceira ordem e assim sucessivamente. Assim, dois rios de ordem n dão lugar a um rio de ordem n+1.

n = 1

Densidade de drenagem – λ

Índice que exprime a relação do comprimento total, L, dos cursos de água de uma bacia(sejam eles efémeros, intermitentes ou perenes) e a área total, A, da mesma bacia.

A densidade de drenagem varia directamente com a extensão do escoamento superficial. Valor de 0,5 km/km², para bacias mal drenadas e maior que 3,5 km/km², para bacias excepcionalmente bem drenadas.

$$\lambda = \sum L_i / A = \Lambda / A$$

ΣL_i = 897.28 m

λ = 2.17

Percurso médio do escoamento superficial – P_s

Distância média que a água da chuva teria que percorrer, caso o escoamento se desse em linha recta, desde o ponto de queda na bacia até ao curso de água mais próximo. Admitindo que uma bacia de área A possa ser representada por uma área de drenagem rectangular, com um único curso de água, de extensão L = Λ, passando pelo seu centro.

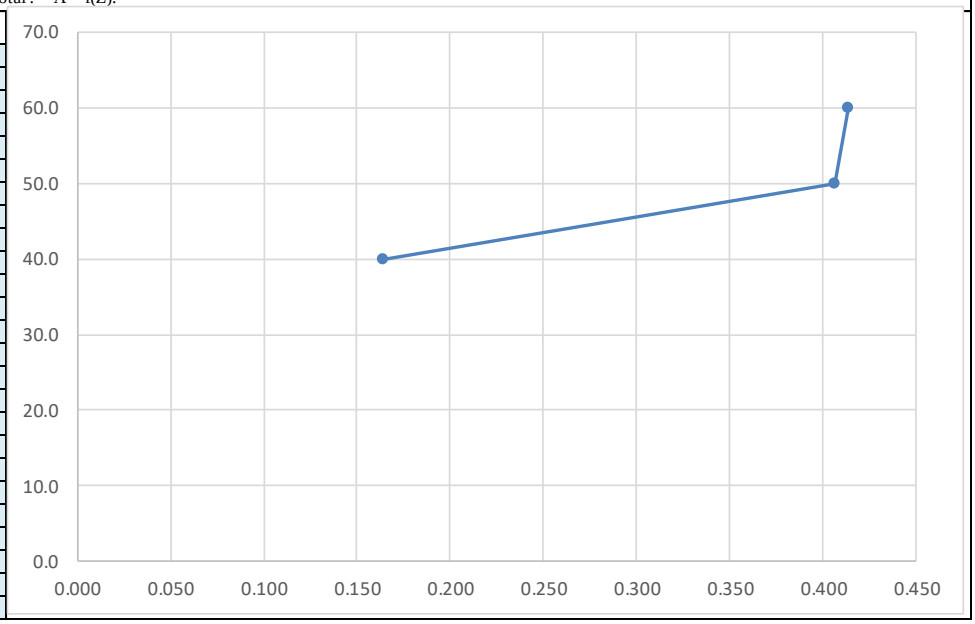
$$\overline{P}_s = A / 4\Lambda$$

P_s = 115.26 m²/m

Características do relevo

Curva hipsométrica : Representa a área, A, da bacia que fica acima de cada cota, Z, em referência ao nível médio o mar, expressa em unidades de área ou em percentagem da área total : A = f(Z).

Z	A
40.0	0.164
50.0	0.407
60.0	0.414



Características do relevo

Altitude média, Z

$$\overline{Z} = \frac{\sum Z_i A_i}{A}$$

Z = 51.5 m

Z_{100} Altitude mínima

Z_{100} = 40 m

Altura média, H

H = 11.46 m

Inclinação média do leito

i_{med} = 0.0223

Rectângulo equivalente

Rectângulo de comprimento, *Le* e largura *le*, de perímetro e área iguais aos da bacia.

Lc = 3.058 m

Índice de declividade de Roche – I_p

$$I_p = \frac{Z_0 - Z_{100}}{L_e}$$

Z_0 = 61 m

I_p = 6.8665 m/m

***Índice de declive global* – I_g**

$$I_g = \frac{Z_5 - Z_{95}}{L_e}$$

Z_{95} = 40 m

Z_5 = 60 m

I_g = 6.5395 m/m

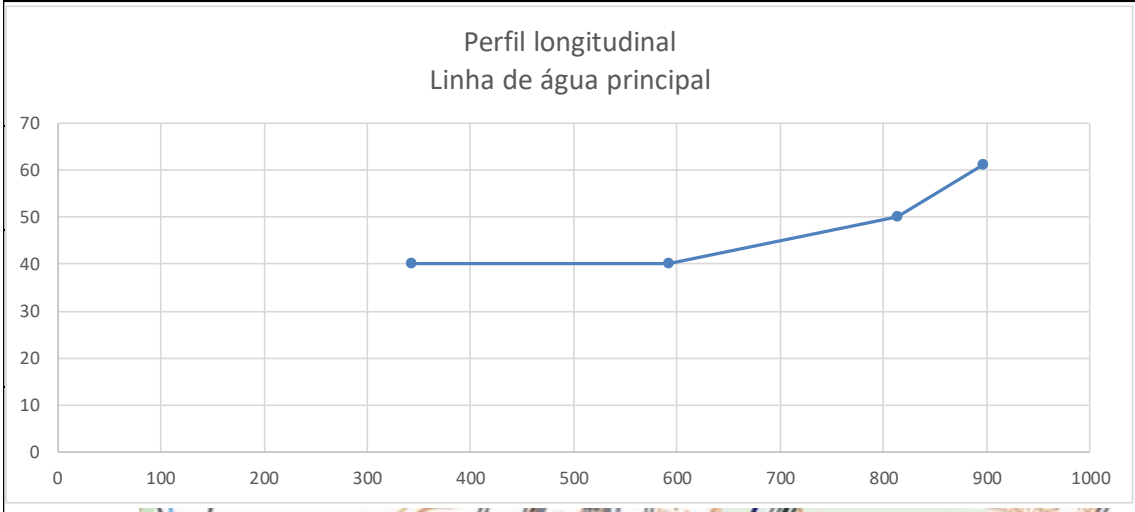
Índice de massividade

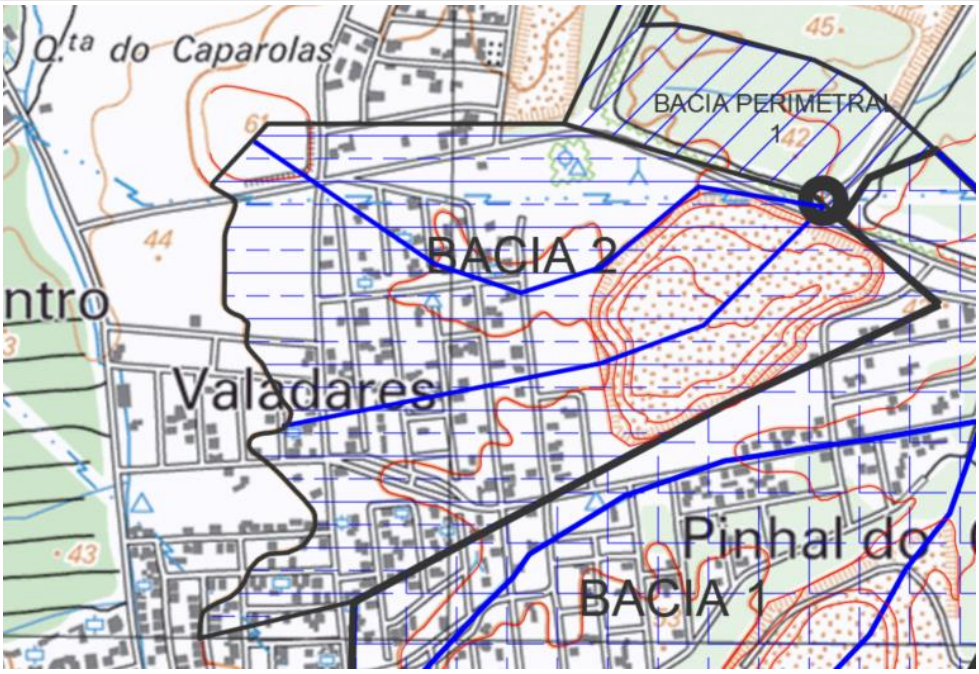
i_m = 27.6944 m/km²

Coeficiente orográfico

C_{Oro} = 0.4137 m²/km²

O coeficiente Orográfico combina duas variáveis essenciais do relevo de uma bacia hidrográfica: a sua altura média, que tem influência sobre a energia potencial da água e o seu declive que tem influencia sobre o escoamento superficial. Admite-se que um valor do coeficiente Orográfico igual ou inferior a 6 indica um relevo pouco acentuado e superior a 6 um relevo acentuado.





ANEXO III – PEÇAS DESENHADAS

Índice

PE-HI-001-0-A2 - Planta de localização

PE-HI-002-0-A2 - Planta de bacias hidrográficas naturais, ribeiras e curvas de nível

PE-HI-003-0-A2 - Planta das bacias hidrográficas 1 e 2, ribeiras e curvas de nível

PE-HI-004-0-A2 - Implantação das valas de drenagem periférica e recaídas para a corta (1/4)

PE-HI-005-0-A2 - Implantação das valas de drenagem periférica e recaídas para a corta (2/4)

PE-HI-006-0-A2 - Implantação das valas de drenagem periférica e recaídas para a corta (3/4)

PE-HI-007-0-A2 Implantação das valas de drenagem periférica e recaídas para a corta (4/4)

PE-HI-008-0-A2 - Implantação da bacia de decantação de sólidos no plano de modelação final

PE-HI-009-0-A2 - Pormenores das bacias de decantação e retenção de sólidos

PE-HI-010-0-A2 - Valas tipo para tubagens enterradas e pormenores das valas de drenagem