

JOÃO BARROSO & FILHO, UNIPESSOAL, LDA

Operação de loteamento

ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

Vale Cobro

Setúbal

Outubro de 2024

ÍNDICE

MEMÓRIA DESCRITIVA	3
ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DA LINHA DE ÁGUA.....	4
1- CARATERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	4
1.1 – Localização.....	4
1.2 – Morfologia.....	4
1.3 – Caraterísticas do Sistema de Drenagem.....	5
1.4 – Caraterísticas de Relevo	6
1.5 – Tipo e Ocupação do Solo	6
2- TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	7
2.1. Método Picking	7
2.2. Método de Giandotti	7
2.3 Método de Temez.....	7
2.4 Método Kirpich.....	8
2.5 Método Ven Te Chow	8
3- DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DE PROJETO	9
4. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	10
5- CAUDAL DE PONTA DE CHEIA	11
5.1. Método racional	11
5.2. Método de Giandotti	11
5.3. Método de Mockus	11
6 - CÁLCULO DAS SEÇÕES PROPOSTAS	13
6.1 – Dimensionamento Hidráulico da Seção da Linha de Água a Regularizar.....	13
7. CONCLUSÕES GERAIS	14

MEMÓRIA DESCRITIVA

É pretendido pelo requerente efetuar uma alteração ao alvará de loteamento nº03/84, na sua propriedade em Vale Cobro, concelho de Setúbal.

A propriedade é atravessada por 2 linhas de água.

A linha de água principal, recebe 3 descargas pluviais das zonas edificadas existentes, que provocaram erosão hídrica no local, pelo que se propõe a sua renaturalização conforme solicitação da APA no seu parecer.

Com este estudo pretende-se justificar a secção tipo para a linha de água principal que comportem um caudal para uma cheia correspondente a um período de retorno de 100 anos, conforme as normas em vigor.

As linhas de água serão integradas em zona verde, conforme projeto de integração paisagística.

ESTUDO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DA LINHA DE ÁGUA

1- CARATERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

1.1 – Localização

Para a elaboração do presente estudo torna-se essencial que se proceda a uma pequena descrição da linha de água, bem como a uma caraterização da sua bacia hidrográfica.

A linha de água em questão tem o seu início a montante da propriedade tendo o seu traçado uma extensão de 0,670 km.

A linha de água que provém de uma zona urbana completamente consolidada, encontrando-se apenas a céu aberto no terreno do requerente.

Na zona onde se encontra a céu aberto, tendo conta que os caudais provêm de coletor, a seção de vazão sofreu fenómenos de erosão hídrica.

A linha de água atravessa a propriedade do requerente, desenvolvendo-se no sentido nascente/poente.

A bacia hidrográfica desta linha de água está localizada no concelho de Setúbal.

1.2 – Morfologia

A bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, sendo drenada por um curso de água ou por um sistema interligado de cursos de água, para que todos os caudais efluentes sejam descarregados através de uma única saída (seção de referência da bacia).

A delimitação da bacia, teve em conta a atual drenagem natural dos terrenos, tendo sido verificado que a drenagem natural se encontra relativamente estável na área em estudo quando analisada a cartografia militar.

A seção de controlo adotada, bem como a bacia hidrográfica considerada, corresponde à seção do final da linha de água junto ao limite jusante da propriedade.

Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**¹, apresenta-se a delimitação da bacia hidrográfica para a secção estudada, representando-se a mesma sobre os extratos das folhas n.º 454/455 da Carta Militar de Portugal.

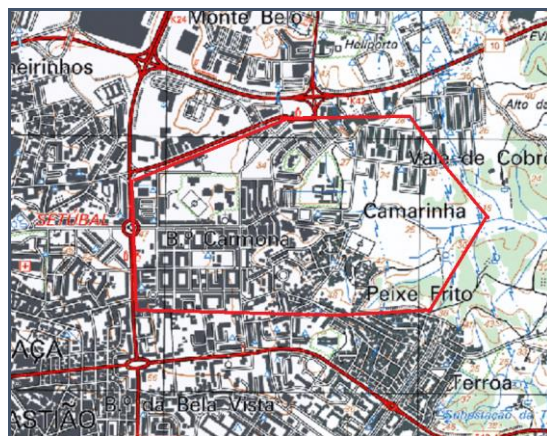


Fig. 1 – Bacia hidrográfica

A bacia tem uma área de 0,61 km².

Na Figura 2, apresenta-se a localização da propriedade sobre o extrato do Google Earth.



Fig. 2 – Terreno

1.3 – Características do Sistema de Drenagem

A linha de água, apresenta-se com características de regime torrencial, constatando-se que só durante os períodos de pluviosidade a mesma apresenta caudal significativo.

A linha de água existente no local tem uma extensão de $L = 0,670$ km.

1.4 – Caraterísticas de Relevo

O relevo é um dos fatores fundamentais para a análise de uma bacia, uma vez que influencia o tipo de precipitação, o tipo de escoamento, a erosão e o transporte de sólidos.

A bacia em estudo desenvolve-se na freguesia de Setúbal, e de acordo com a cartografia militar, apresenta as seguintes cotas máximas e mínima:

- Cota Máxima $H_{máx.} = 47,00$ m
- Cota Mínima $H_{mín.} = 16,00$ m

A sua inclinação média é de 0,046 m/m.

1.5 – Tipo e Ocupação do Solo

A ocupação urbana atual da bacia é composta por aglomerados habitacionais consolidados e respetivos arruamentos.

Em termos atuais de revestimento vegetal, apenas do terreno do requerente existe o desenvolvimento de zonas de vegetação rasteira.

2- TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O estudo é realizado para cheias ocasionais por acontecimentos pluviais excepcionais.

O tempo de concentração de uma bacia (t_c), é o tempo necessário para que toda a sua área contribua para o escoamento superficial na secção de saída, ou seja, é o tempo necessário para que uma gota de água caída no ponto hidráulicamente mais afastado da bacia chegue à secção de saída.

Na elaboração deste estudo recorreu-se à aplicação de várias fórmulas tais como *Picking*, *Giandotti*, *Temez*, *Kirpich* e *Ven Te Chow*.

2.1. Método Picking

$$TC = 5,3 \cdot \left(\frac{L^2}{i} \right)^{0,333}$$

onde:

Tc – tempo de concentração (horas);

L – Comprimento total da linha de água principal (km);

i – declividade Equivalente Constante da linha de água em m/m;

2.2. Método de Giandotti

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

onde:

Tc – tempo de concentração (horas);

A – área da bacia afluenta (km²);

L – Comprimento total da linha de água principal (km);

H – Altura média da bacia (m);

2.3 Método de Temez

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L}{y^{0,25}} \right)^{0,76}$$

em que:

Tc = – tempo de concentração (horas);

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

y – declive da linha de água principal (m/m).

2.4 Método Kirpich

$$TC = 0,39 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

onde:

Tc = – tempo de concentração (horas);

L – Desenvolvimento da linha de água em Km;

S – declividade Equivalente Constante do rio em %. Pode também utilizar-se, sem perda de rigor, a Declividade Média da linha de água.

2.5 Método Ven Te Chow

$$TC = 0,8773 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i}} \right)^{0,64}$$

onde:

Tc = – tempo de concentração (horas);

L – Desenvolvimento da linha de água em Km;

i – declividade da linha de água principal em m/Km.

No quadro seguinte encontram-se valores de tempo de concentração encontrados através das fórmulas atrás referidas.

Quadro 1 – Tempo de concentração obtido para a bacia estudada

Picking	Giandotti	Temez	Kirpich	Ven Te Chow	Tc Total (retirando o mín e máx) (h)
0,52	0,91	0,39	0,15	0,19	0,36

3- DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DE PROJETO

A determinação do caudal de ponta de cheia passa pela especificação de uma precipitação de projeto, que consiste em definir a duração da precipitação, a quantidade de precipitação associada a um período de retorno e a distribuição temporal da precipitação.

Para a aplicação do método racional foi necessário definir as curvas de I-D-F (Intensidade, Duração e Frequência) da zona em estudo, para os respetivos períodos de retorno.

Com o tempo de concentração que caracteriza o comportamento da bacia hidrográfica quanto à concentração do volume de pluviosidade captado num determinado momento, calcula-se a intensidade média de precipitação através da determinação das curvas I-D-F. Estas curvas seguem uma tendência exponencial de acordo com a fórmula:

$$i = a \times t^b$$

sendo:

t – tempo de concentração em minutos;

i – intensidade de precipitação em mm/h e a, b – parâmetros adimensionais.

Os parâmetros *a* e *b* da expressão anterior foram obtidos através dos quadros estabelecidos para intervalos de duração ajustados ao tempo de concentração em questão e período de retorno considerado, para o posto hidrográfico mais próximo denominado Lisboa (IGIDL), registados na Análise de Fenómenos Extremos e Precipitações Intensas em Portugal Continental por Brandão *et al.* (2001) e também por consulta dos valores referidos no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto, considerando que a área em estudo se integra na Região Pluviométrica A.

No quadro seguinte, apresentam-se os valores obtidos para um período de retorno de 100 anos, tendo sido adotados os valores mais condicionantes.

Quadro 2 – Curvas IDF e intensidades de precipitação para a bacia em estudo (T=100 anos)

Secção de controlo	Período de Retorno (anos)	Brandão <i>et al.</i> (2001)			D.R. n.º 23/95			Adotado
		Zona Lisboa (IGIDL)			Região A			
		i) 5 min < t_c < 30 min		i (mm/h)	a	b	i (mm/h)	i (mm/h)
		a	b					
S1	100	601,92	-0,642	83,72	365,62	-0,508	76,76	83,72

4. COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

Entende-se por coeficiente de escoamento o parâmetro adimensional baseado no tipo e características da superfície do terreno e que se admite constante para cada bacia hidrográfica, desde que aquelas não sejam alteradas.

Este coeficiente tem essencialmente em conta as perdas por intercepção, infiltração, retenção superficial e evapotranspiração, e a difusão do escoamento, entendida como sendo uma medida da “capacidade” da bacia hidrográfica atenuar os caudais de ponta de cheia na propagação do escoamento ao longo da rede de drenagem.

De um modo geral, é grande a indeterminação associada à fixação do valor do coeficiente de escoamento a adotar na determinação de caudais de ponta de cheia, contudo diversos autores propõem valores para aquele coeficiente em função de fatores determinantes das perdas de precipitação como por exemplo o uso e ocupação do solo, o declive da superfície do terreno e o período de retorno.

Os valores dos coeficientes de escoamento (C), utilizados para o cálculo dos caudais, foram ponderados em conformidade com o tipo de uso e ocupação do solo existente, para a bacia hidrográfica estudada, tendo em consideração a análise da Carta de Ocupação e Uso do Solo 2018 (COS2018), nível 2, que define 15 classes de uso de solo, conjugada com a análise da carta militar e ortofotomapas.

Para a determinação dos vários valores de escoamento da bacia foram tidos em consideração os seguintes valores médios de coeficientes de escoamento:

Tipo de ocupação	Coeficiente de escoamento
Zona residencial no centro da cidade	0,30 – 0,50
Zona residencial, prédios	0,50 – 0,70
Zonas industriais dispersas	0,50 – 0,80
Baldios	0,10 – 0,30
Passeios	0,75 – 0,85
Ruas e estradas asfaltadas	0,70 – 0,95
Zonas verdes, relvados em solos pesados	0,15 – 0,35

Tendo em conta a bacia hidrográfica estudada, verifica-se que a sua área é ocupada por poucas áreas edificadas sendo principalmente florestal e agrícola.

Face ao acima exposto optou-se por considerar um valor de coeficiente de escoamento para toda a bacia de 0,90.

5- CAUDAL DE PONTA DE CHEIA

A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação do caudal de ponta de cheia deve ser definida em função da área das bacias hidrográficas.

Na elaboração deste estudo recorreu-se à aplicação de várias fórmulas tais como *Racional*, *Giandotti*, *Loureiro*.

5.1. Método racional

O cálculo do caudal de ponta de cheia pelo método racional é efetuado pela seguinte fórmula:

$$Q_p = C \times i \times A$$

onde:

Q_p – caudal de ponta (m³/s);

C – coeficiente de escoamento (adimensional);

i – intensidade média máxima de precipitação (m/s);

A – área da bacia afluente (m²).

5.2. Método de Giandotti

$$Q_{\text{máx}} = \frac{\lambda \times A \times h}{T_c}$$

onde:

Q_p – caudal de ponta (m³/s);

λ – Representa o parâmetro da formula de Giandotti que é em função da área da bacia hidrográfica - 0.346, uma vez que a área < 500 km²;

h – altura de precipitação máxima em mm;

A – área da bacia afluente (km²).

5.3. Método de Mockus

$$Q_p = \frac{0,277 \ K \ A_b \ P_u}{\sqrt{t_c} + 0,6t_c}$$

onde:

Q_p – caudal de ponta de cheia(m³/s);

P_u – precipitação útil (mm)

K – fator de ponta da bacia hídrica;

A_b – área da bacia afluente (km²).

Com base nos métodos anteriormente referidos, obteve-se para um período de retorno de 100 anos os seguintes caudais:

Quadro 3 – Caudal de ponta de cheia e caudal específico obtidos para T=100 anos.

	Secção de controlo	Caudal de ponta de cheia (m³/s)	Caudal específico (m³/s/km²)
Racional	S1	11,71	19,19
Giandotti	S1	11,72	19,21
Mockus	S1	11,86	19,44
Média	S1	11,76	19,21

Tendo em consideração a permeabilidade dos solos existentes na área em estudo considera-se que a grandeza do valor obtido se encontra majorada para a região em estudo, verificando-se desta forma que o valor adotado para o coeficiente de escoamento está pelo lado da segurança.

6 - CÁLCULO DAS SECÇÕES PROPOSTAS

6.1 – Dimensionamento Hidráulico da Secção da Linha de Água a Regularizar

O dimensionamento hidráulico da secção é baseado na Fórmula de Manning-Strickler na forma:

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Com:

K_s = Coeficiente de Strickler em $m^{1/3}/s$ ($K_s = 31 m^{1/3} s^{-1}$);

S = Secção molhada em m^2 ;

b = largura em metros;

y = altura da água em metros;

A = área em m^2

i = inclinação em $m/m = 0,022 m/m$;

Q = Caudal em m^3/s

Raio hidráulico para secções retangulares $\Rightarrow R = A/U = by/b+2y$

A secção necessária para escoar na totalidade o caudal de $11,76 m^3/s$, foi definida iterativamente através de um programa automático, tendo dado o seguinte resultado:

Largura do rasto: 2,00 metros;

Altura: 1,50 metros;

Boca: 4,00 metros

Que resultou num caudal de $21,5 m^3/s$.

O que se conclui que uma secção trapezoidal com rasto de 2,0m e altura de 1,50m é suficiente para escoar a totalidade do caudal centenário.

7. Conclusões gerais

O presente trabalho baseia-se no cumprimento do quadro legal da água e recursos hídricos produzido a partir de 2005, inclusive, e nas regras de procedimento transmitidas pela Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., entidade que tem a seu cargo a jurisdição sobre questões de domínio hídrico.

Este estudo hidrológico e hidráulico para o caudal de cheia, foi calculado para um período de retorno de 100 anos, justificativo das seções a adotar para a linha de água a reabilitar.

A solução de reposição da linha de água, foi pensada por forma a promover a requalificação e naturalização da mesma, numa perspetiva de proteção e valorização dos recursos hídricos.

Face a tudo isto, considera-se que a solução proposta é suficiente para garantir que no local não existirão problemas de escoamento superficial.