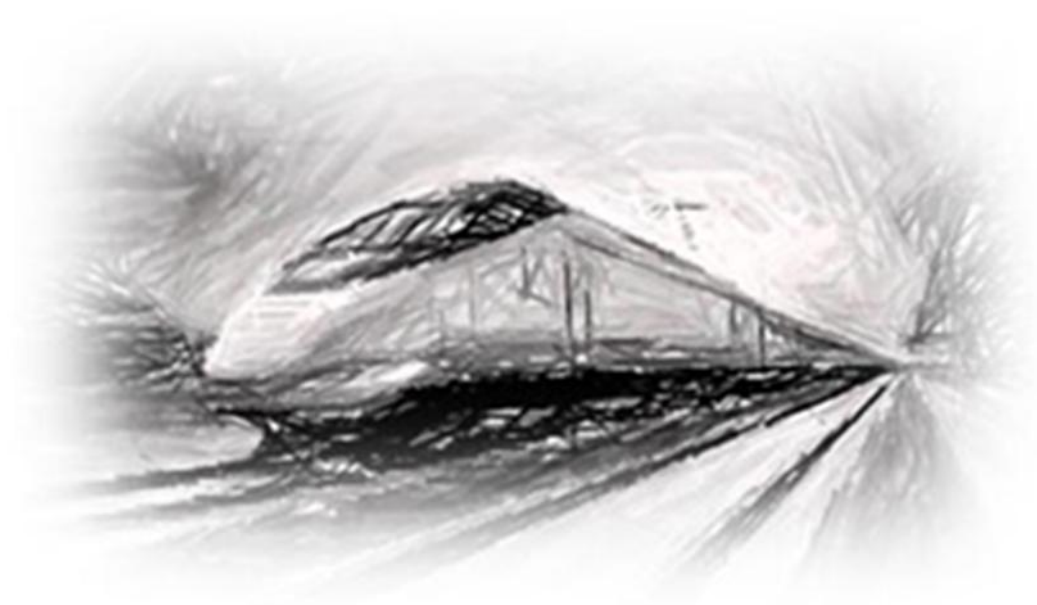


**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE
PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**
TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+589



PROJETO DE EXECUÇÃO
V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA
TOMO 01.08 – ESTUDO HIDROLÓGICO

Memória Descritiva e Justificativa

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA

**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+589**

**PROJETO DE EXECUÇÃO
V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA
TOMO 01.08 – ESTUDO HIDROLÓGICO**

ÍNDICE DE PEÇAS ESCRITAS			
CÓDIGO DOCUMENTO	DATA	DESIGNAÇÃO	
PF102A4.PR.01.08.00.00.IND.00	14/08/2025	ÍNDICE	
PF102A4.PR.01.08.00.00.MDJ.00	14/08/2025	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	

ÍNDICE DE PEÇAS DESENHADAS			
CÓDIGO DOCUMENTO	DATA	DESIGNAÇÃO	Nº ORDEM
PF102A4.PR.01.08.00.00.001.00	14/08/2025	PLANTA LOCALIZAÇÕES GERAIS - BACIAS HIDROGRÁFICAS - FOLHA 1/2	HID 001
PF102A4.PR.01.08.00.00.002.00	14/08/2025	PLANTA LOCALIZAÇÕES GERAIS - BACIAS HIDROGRÁFICAS - FOLHA 2/2	HID 002

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Pedro Biscaia	Vítor Coelho	António Campos e Matos
14-08-2025	14-08-2025	14-08-2025
Data e Assinatura	Data e Assinatura	Data e Assinatura

Não necessita de assinatura se aprovado eletronicamente

Informação Adicional	Informação do Documento	
O Gestor de Projeto -	Código Documento PF102A4.PR.01.08.00.00.MDJ.00	
O Responsável Unidade -	Revisão 00	Data 14-08-2025
O Responsável Departamento -	Código Projetista	
O Diretor -	Nome do Ficheiro PF102A4.PR.01.08.00.00.MDJ.00	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	14-08-2025	Pedro Biscaia	Edição inicial	-----

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ****SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+589****PROJETO DE EXECUÇÃO****V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA****TOMO 01.08 – ESTUDO HIDROLÓGICO****MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****ÍNDICE**

1	INTRODUÇÃO	1
2	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL ONDE SE DESENVOLVE O ESTUDO	2
3	DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA	4
3.1	Tempo de concentração.....	4
3.2	Coeficiente de escoamento	5
3.3	Número de escoamento (CN).....	6
3.4	Precipitações intensas de curta duração. Curvas IDF.....	11
3.5	Período de retorno	12
3.6	Caudais de cálculo	12
3.6.1	Formula racional	12
3.6.2	HUT – Hidrograma Unitário Triangular	13
3.7	Alterações climáticas	14
4	RESULTADOS OBTIDOS.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Zona de Intervenção	2
Figura 2 – Temperatura média anual e Precipitação acumulada anual (fonte: IPMA)	3
Figura 3 – Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen (fonte: IPMA)	3
Figura 4 – Coeficientes de Escoamento para Portugal Continental (fonte: SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos).....	6
Figura 5 – Classificação Hidrológica do solo segundo o SCS (fonte: <i>Atlas da água</i>)	7
Figura 6 – Uso do solo CORINE - Land Cover 2020 (fonte: SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos).....	8
Figura 7 – Caudais de cheia associados a cada passagem hidráulica	15

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Valores do coeficiente C da fórmula racional (adaptado de Chow et al., 1988)	5
Quadro 2 – Número de escoamento para regiões rurais, para AMC II (adaptado de SCS, 1973)	9
Quadro 3 – Correção do número de escoamento em função da condição antecedente de humidade (adaptado de SCS, 1973)	10
Quadro 4 – Parâmetros das curvas IDF para o Posto Udográfico de Aveiro (T=100 Anos)	12

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo estimar os caudais de ponta de cheia para as passagens hidráulicas. A zona em análise compreende o subtroço 4 do Lote A – Troço Aveiro (Oiã) – Porto (Campanhã), que se integra na Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Porto e Lisboa, numa extensão aproximada de 22km, nomeadamente entre os PK49+900 e PK70+225. Remete-se a definição da bacia referente ao Rio Douro para o capítulo específico da Ponte sobre o Rio Douro, PF102A4.AP.02.01.00.681.

Neste estudo hidrológico identificam-se e localizam-se as principais linhas de água que irão interseccionar a infraestrutura, delimitando-se as bacias hidrográficas. Após a obtenção das bacias identificaram-se as principais características fisiográficas e avaliou-se climatologicamente a área envolvente, estimando-se os caudais de ponta para o período de retorno de 100 anos.

2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL ONDE SE DESENVOLVE O ESTUDO

A área onde se desenvolve este estudo situa-se nos distritos de Aveiro e do Porto. O traçado da linha de alta velocidade desenvolve-se, nesta zona, ao longo de bacias hidrográficas de pequenas ribeiras costeiras, que se localizam entre os Rios Vouga e Douro. Situa-se, portanto, nas regiões hidrográficas RH4 e RH3.

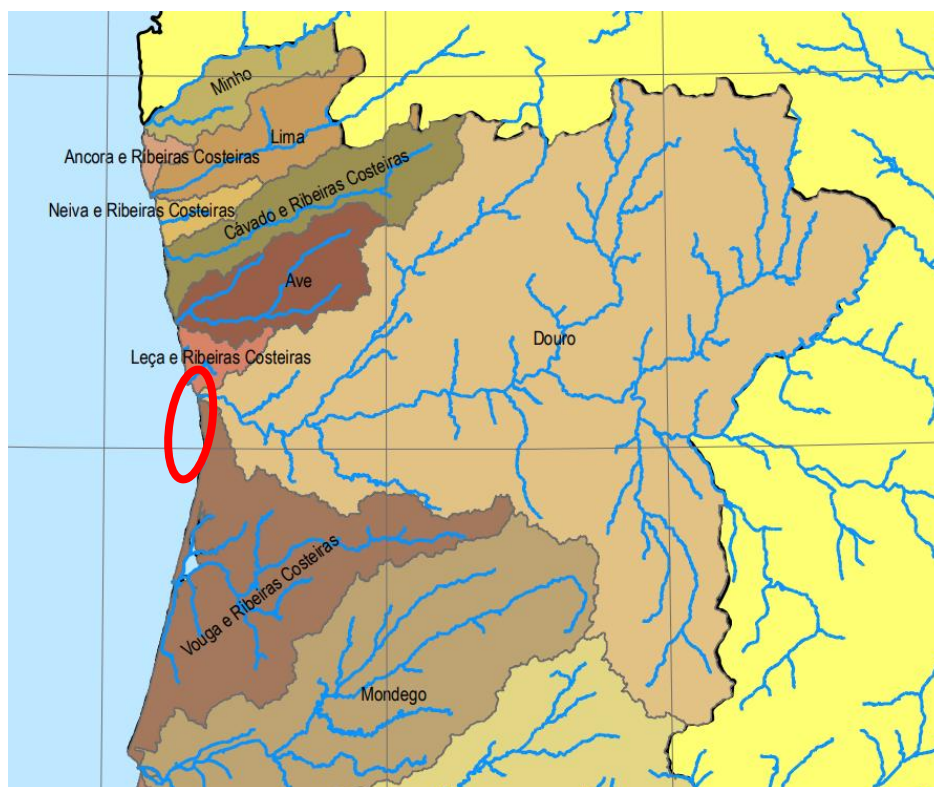


Figura 1 – Zona de Intervenção

A zona de intervenção atravessa zonas florestais, de cultivo, e também zonas urbanas. Na figura 6 apresenta-se um extrato da carta de uso e ocupação do solo.

O clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen, divide-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb). A zona de intervenção localiza-se integralmente na região Csb.

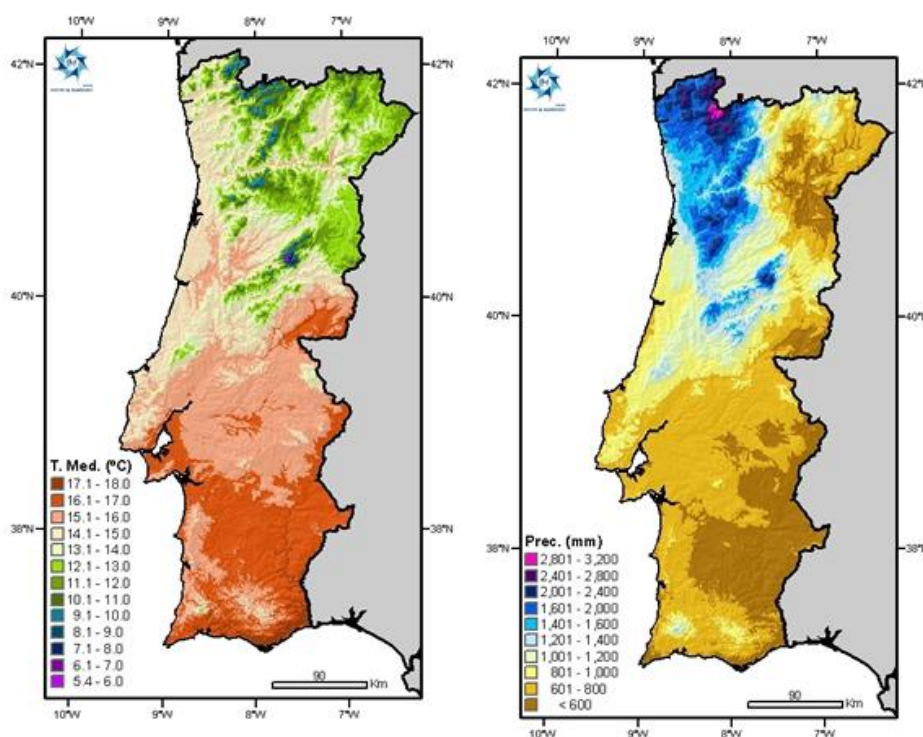


Figura 2 – Temperatura média anual e Precipitação acumulada anual (fonte: IPMA)

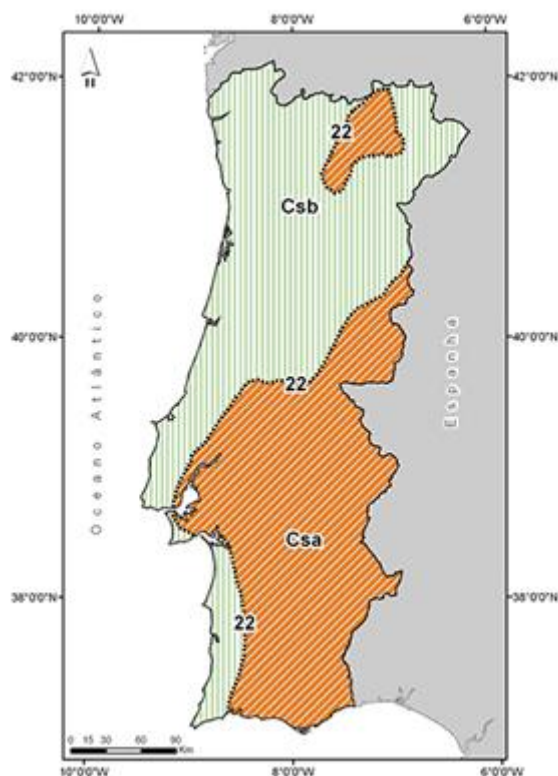


Figura 3 – Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen (fonte: IPMA)

3 DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA

3.1 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração, t_c , de uma bacia hidrográfica, numa dada secção de um curso de água, define o tempo para que a totalidade da bacia contribua para o escoamento superficial na secção considerada. Assim, na definição dos caudais de cheia considera-se a duração da chuvada (t), igual ao tempo de concentração (t_c), com o valor mínimo de 10 minutos.

Para o cálculo do tempo de concentração existem inúmeras expressões de cálculo. No entanto, para o desenvolvimento do estudo hidrológico em questão utilizou-se as fórmulas de Temez, e US Corps of Engineers. Para bacias até 10 km² foi utilizado unicamente o valor da fórmula de Temez. Já para bacias com área superior foi utilizada a média aritmética entre os valores dos dois métodos.

Seguidamente enunciam-se de forma simplificada as fórmulas propostas:

Fórmula de Temez:

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L_b}{i_m^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Em que:

t_c = tempo de concentração (h)

i_m = declive médio de curso

L_b = comprimento do curso de água principal da bacia (km)

Fórmula US Corps of Engineers:

$$t_c = 0.191 * L_b^{0.76} * i^{-0.19}$$

Em que:

t_c = tempo de concentração (h)

L_b = comprimento do curso de água principal da bacia (km)

I = declive médio do curso de água principal da bacia (m/m)

3.2 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

O coeficiente de escoamento, C , é um parâmetro essencial para a quantificação do escoamento resultante da precipitação ocorrida. Inserido na precipitação ocorrida, resulta uma precipitação útil ou efetiva, que considera a parte da precipitação que se transforma em escoamento superficial, resultando da diferença entre a quantidade de água precipitada e as perdas para o escoamento superficial, incluindo, as perdas por interseção, infiltração, retenção superficial, evapotranspiração e capacidade de difusão do escoamento.

O coeficiente de escoamento (C) deve ter em conta também o período de retorno considerado na avaliação de caudais de ponta de cheia, pois de facto, as perdas da precipitação dependem do grau de humidade da bacia hidrográfica. Os níveis de precipitação descritos consideram o tipo de ocupação do solo e os períodos de retorno. O valor de C de cada bacia foi calculado com base numa média dos diferentes tipos de ocupação e solo dentro da respetiva bacia.

Quadro 1 – Valores do coeficiente C da fórmula racional (adaptado de Chow et al., 1988)

Tipo de ocupação	Período de retorno, T (anos)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zona urbana							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Betão/telhados	0.75	0.80	0.88	0.88	0.92	0.97	1.00
Relvados							
Ocupando menos de 50% da área							
Declive de 0 a 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Declive de 2 a 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Declive superior a 7%	0.43	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Ocupando de 50 a 75% da área							
Declive de 0 a 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Declive de 2 a 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Declive superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Ocupando mais de 75% da área							
Declive de 0 a 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Declive de 2 a 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Declive superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Zona não urbana							
Terreno cultivado							
Declive de 0 a 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Declive de 2 a 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Declive superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastagem							
Declive de 0 a 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Declive de 2 a 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Declive superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Floresta							
Declive de 0 a 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Declive de 2 a 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Declive superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

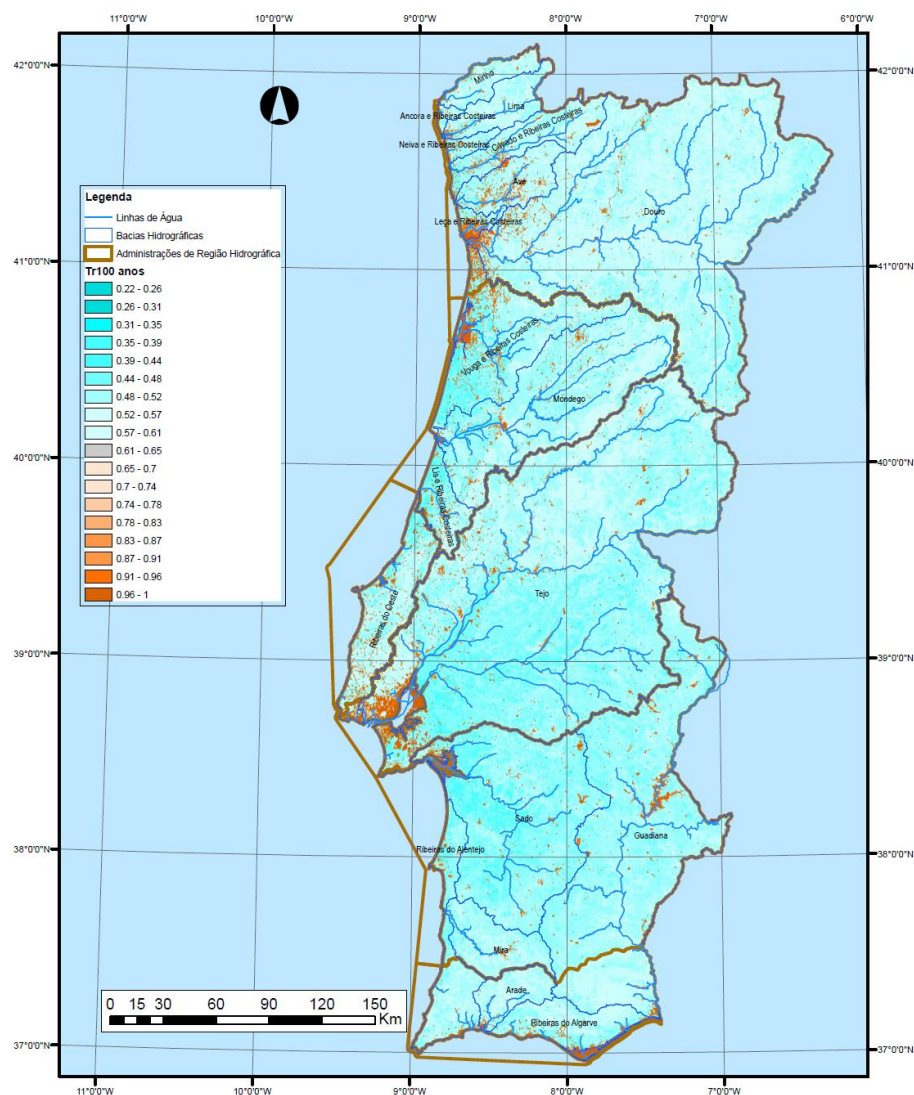


Figura 4 – Coeficientes de Escoamento para Portugal Continental (fonte: SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

Os valores apresentados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos - SNIRH para Portugal Continental, são acima apresentados, tendo sido usados para comparação e validação dos valores calculados em cada local.

3.3 NÚMERO DE ESCOAMENTO (CN)

O parâmetro Número de Escoamento (CN) descreve a potencialidade de a bacia hidrográfica gerar escoamento superficial, considerando o tipo hidrológico do solo e o uso do mesmo. Este parâmetro assume valores entre 0 e 100, correspondendo o zero a uma bacia com solos com condutividade hidráulica infinita, e o 100 a uma bacia totalmente impermeável.

Uma vez caracterizada a bacia hidrográfica do ponto de vista do tipo de solos que a constituem, é possível obter o valor de CN considerando os diversos tipos de utilização ou cobertura do solo.

Para a classificação hidrológica do solo, o SNIRH apresenta a proposta de David (1976), que se baseia na carta de solos de Portugal elaborada por Cardoso, Bessa e Marado (1973), analisando as

características de permeabilidade dos tipos de solo existentes no continente. Desta forma obteve-se a classificação hidrológica do solo de acordo com o U. S. Soils Conservation Service (SCS), que se apresenta na figura seguinte.

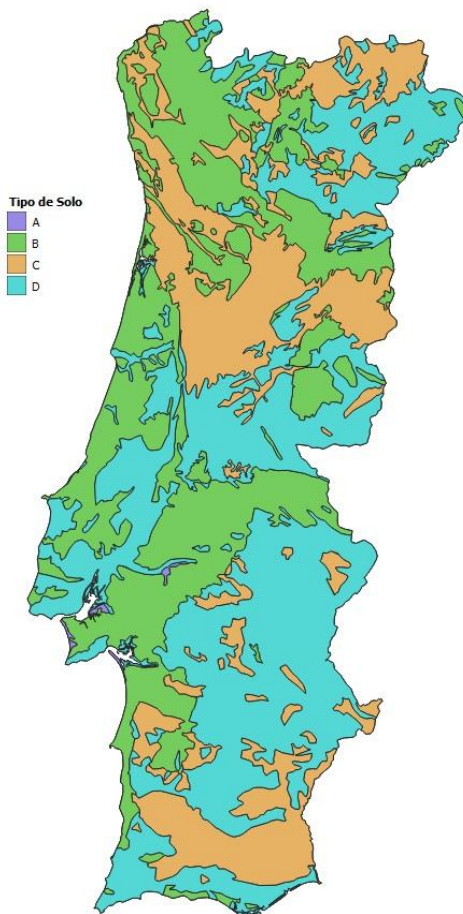


Figura 5 – Classificação Hidrológica do solo segundo o SCS (fonte: Atlas da água)

Com base na análise de dados obtidos em numerosas bacias hidrográficas dos EUA, o SCS estabeleceu uma classificação dos solos do ponto de vista hidrológico. Assim, para o território português temos solos do tipo:

- Solos Tipo A - Solos dando origem a baixo escoamento direto, ou que apresentam permeabilidade bastante elevada. Inclui areias com bastante espessura, e com pouco limo ou argila, e arenitos com bastante espessura e muito permeáveis;
- Solo Tipo B - Solos menos permeáveis que os do tipo A mas com permeabilidade superior à média. Inclui fundamentalmente solos arenosos menos espessos que os do tipo A e arenitos menos espessos e menos agregados que os do Tipo A;
- Solo Tipo C - Solos originando escoamentos diretos superiores à média e superiores aos originados pelos tipos anteriores. Inclui solos pouco espessos e solos com quantidades apreciáveis de argilas, se bem que menos do que os do Tipo D;
- Solo Tipo D - Solos com argilas expansivas e solos pouco espessos, com sub-horizontes quase impermeáveis que originam elevado escoamento direto.

Para o uso do solo a classificação é feita segundo CORINE - Land Cover e para o qual se apresenta o mapa para Portugal Continental, contendo as respetivas: áreas agrícolas, espaços artificiais, florestas e meios seminaturais, meios aquáticos e planos de água.



Figura 6 – Uso do solo CORINE - Land Cover 2020 (fonte: SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

O valor de CN deverá ter em conta as condições anteriores de teor de água no solo. No entanto os mapas apresentados foram desenvolvidos considerando uma condição de AMC II.

AMC I - Situação em que os solos estão secos, mas acima do ponto de emurchecimento. A consideração deste caso é pouco recomendável para o estudo de caudais de cheia.

AMC II - Situação média que deve corresponder aproximadamente à capacidade do campo. Esta situação corresponde provavelmente às condições de humidade antecedentes de cheias de pequena dimensão.

AMC III - Situação de solo muito encharcado, quase saturado (condições de empoçamento), originado por chuvas persistentes durante pelo menos cinco dias anteriores. É a situação mais propícia à formação das maiores cheias, e, portanto, é aquela que terá maior importância para o projeto.

Quadro 2 – Número de escoamento para regiões rurais, para AMC II (adaptado de SCS, 1973)

UTILIZAÇÃO OU COBERTURA DO SOLO	CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE	TIPO DE SOLO			
		A	B	C	D
Solo lavrado		77	86	91	94
Culturas arvenses	Segundo o maior declive	64	76	84	88
	Segundo as curvas de nível	62	74	82	85
	Segundo as curvas de nível e em terraço	60	71	79	82
Rotações de culturas	Segundo o maior declive	62	75	83	87
	Segundo as curvas de nível	60	72	81	84
	Segundo as curvas de nível e em terraço	57	70	78	82
Pastagens	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Boa	39	61	74	80
	Pobre, segundo as curvas de nível	47	67	81	88
	Normal, segundo as curvas de nível	25	59	75	83
	Boa, segundo as curvas de nível	6	35	70	79
Prado Permanente	Normal	30	58	71	78
Zonas sociais rurais	Normal	59	74	82	86
Estradas	Pavimento permeável	72	82	87	89
	Pavimento impermeável	74	84	90	92
Florestas	Muito abertas ou de baixa transpiração	56	75	86	91
	Abertas ou de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normal	36	60	73	79
	Densas ou de alta transpiração	25	55	70	77
	Muito densas ou de alta transpiração	15	44	54	61
Superfície Impermeável		100	100	100	100

De acordo com as características de cada bacia, cobertura do solo ou sua utilização e condições de superfície, teremos um valor de AMC II, que posteriormente, através do quadro abaixo inserido é corrigido para a condição de humidade AMC III - Situação propícia à formação das maiores cheias, e, portanto, aquela que terá maior importância para o projeto.

Quadro 3 – Correção do número de escoamento em função da condição antecedente de humidade (adaptado de SCS, 1973)

Valor de CN para a situação AMC II	Valor corrigido de CN para a situação:	
	AMC I	AMC III
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	74
50	31	70
45	26	65
40	22	60
35	18	55
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	6	30
10	4	22
5	2	13

Para as bacias hidrográficas em que o tipo hidrológico do solo e as condições de utilização ou cobertura do solo forem heterogéneas, o número de escoamento a considerar no cálculo, CN, deve ser igual à média ponderada dos números de escoamento correspondentes a várias zonas em que se pode dividir a bacia e nas quais existe uma certa homogeneidade desses fatores, como apresentado na fórmula seguinte.

$$CN = \frac{\sum_{j=1}^m CN_j A_j}{\sum_{j=1}^m A_j}$$

3.4 PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE CURTA DURAÇÃO. CURVAS IDF

Nas precipitações intensas, os parâmetros característicos são: a duração, a intensidade e a frequência. A duração corresponde ao tempo considerado para a chuvada, que no caso de cheias de ribeiras ou rios pode ser de horas ou mesmo de dias e que no caso dos aquedutos poderá ser de minutos ou de horas. A intensidade, que corresponde à relação entre a altura de precipitação caída e a sua duração, e, por fim, a frequência que traduz uma ocorrência num determinado número de anos.

Assim, as curvas de intensidade-duração-frequência (IDF) estabelecem a relação entre a intensidade de precipitação, a duração da precipitação e o período de retorno.

Estas surgem a partir do tratamento estatístico das séries de valores máximos da intensidade de precipitação para diferentes durações e para a mesma frequência de ocorrência. As curvas, do tipo exponencial, resultam do ajustamento, pelo método dos mínimos quadrados, das intensidades de precipitação correspondentes a diversas durações, para um dado período de retorno.

A curva exponencial é a definida pelo expresso que a seguir se apresenta:

$$I = a * t_c^b$$

em que:

I = intensidade de precipitação (mm/h)

t_c = tempo de precipitação (aqui considerado igual ao tempo de concentração) (min)

a, b = parâmetros das curvas IDF para as respetivas durações (-)

Foram utilizados os dados disponibilizados pelo Instituto da Água para Portugal Continental contidos nos estudos de 2001 e de 2004 elaborados por Brandão, Rodrigues e Pinto da Costa, onde a caracterização do fenómeno das precipitações intensas foi a mais exaustiva já alguma vez realizada em Portugal.

Desta forma, foram usados os parâmetros das curvas IDF válidos para as durações de 5 a 30 minutos, de 30 min a 6 horas e de 6 a 48 horas, para o Posto Udográfico de Aveiro (Universidade) (código 10F/01) e para o Posto Udográfico de Coimbra (código 12G/01).

Em todo o troço compreendido entre *Porto (Campanhã)* e *Oiã* foi utilizado unicamente do posto de Aveiro já que fica geograficamente mais próximo de toda a zona de intervenção.

Da consulta dos quadros dos estudos referidos resulta o seguinte quadro resumo contendo os parâmetros a e b:

Quadro 4 – Parâmetros das curvas IDF para o Posto Udográfico de Aveiro (T=100 Anos)

Período de Retorno (anos)	Duração da chuvada	Parâmetro - a	Parâmetro - b
Posto Udográfico de Aveiro/Universidade (10F/01)			
100 anos	5 min a 30 min	336.53	-0.531
	30 min a 6 horas	677.67	-0.725
	6 horas a 48 horas	586.04	-0.689

3.5 PERÍODO DE RETORNO

A escolha do período de retorno é variável e depende da importância da via, do impacto que possíveis danos poderão ter na estrutura devido ocorrência da cheia e do impacto que a cheia poderá ter em terceiros, devido a inundações das áreas adjacentes.

Para este estudo a IP-Infraestruturas de Portugal definiu como critério geral, o dimensionamento das estruturas para o período de retorno de 100 anos.

3.6 CAUDAIS DE CÁLCULO

Na estimativa dos caudais de ponta de cheia foi considerado que as precipitações de certa duração ocorrem uniformemente sobre a totalidade da bacia e com intensidade constante. Em adição foi considerado que a duração da precipitação útil é igual à duração da precipitação total.

Sendo as cheias fenómenos naturais de carácter aleatório e existindo vários métodos de abordagem para o cálculo dos caudais, recomenda-se a utilização do método racional e do método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT):

- i. A utilização exclusiva do método Racional para $A \leq 10 \text{ km}^2$;
- ii. A utilização de um hidrograma unitário para $A > 10 \text{ km}^2$.

3.6.1 FORMULA RACIONAL

Trata-se de uma fórmula muito útil e é, das metodologias simplificadas, a mais utilizada em Portugal no cálculo dos caudais de ponta de cheia. Devemos ter em conta que esta fórmula admite a precipitação constante no tempo e no espaço bem como um coeficiente de escoamento constante, (limitações hidrológicas). Uma limitação desta metodologia incide no facto de se considerar que o caudal de ponta de cheia só ocorre quando toda a bacia está a contribuir para o escoamento.

A aplicação da Fórmula Racional requer o conhecimento da área da bacia hidrográfica, do tipo de cobertura e ocupação do solo na bacia, do tempo de concentração e das curvas IDF para um dado período de retorno.

A fórmula Racional é definida por:

$$Qp = \frac{CIA_b}{3.6}$$

em que:

Q_p = caudal de ponta de cheia (m^3/s)

C = coeficiente da fórmula racional (-)

A_b = área da bacia hidrográfica (km^2)

I = intensidade média de precipitação (mm/h)

3.6.2 HUT – HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR

O método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) do SCS (Soil Conservation Service) atualmente NRCS (Natural Resources Conservation Service), deve ser utilizado na determinação do caudal de ponta de cheia para as bacias com área superior a $10km^2$.

O Método do HUT considera que o escoamento unitário é função da precipitação antecedente, da permeabilidade do solo, da cobertura vegetal e do uso da terra, agrupando estes fatores em um único coeficiente, coeficiente esse que transforma a precipitação total em precipitação efetiva. Estes expressam-se em função do número de escoamento (CN), que foi tabelado da mesma forma que os coeficientes de escoamento superficial utilizados na fórmula racional.

Os parâmetros utilizados, para a obtenção de um HUT são os seguintes:

$$q_p = \frac{2.08A_b}{t_a}$$

em que:

q_p = vazão de pico do hidrograma unitário triangular (m^3/s);

A_b = área da bacia hidrográfica (km^2);

t_a = tempo de ascensão (h)

O tempo de ascensão (t_a) do hidrograma pode ser estimado como sendo o tempo de pico (t_p) mais metade da duração da chuva (D), sendo o tempo de pico (t_p) cerca de 60% do tempo de concentração (t_c), assim:

$$t_a = \frac{D}{2} + 0.60t_c$$

onde:

D = duração da chuvada unitária (h): $D = 0.133 t_c$

O tempo de descida (t_d) é obtido com a seguinte expressão: $t_d = 1.67 t_a$

E o tempo de base (t_b) do hidrograma unitário é obtido: $t_b = t_a + t_d$

De onde podemos concluir, que o tempo de descida do hidrograma triangular, a partir do pico até retornar a zero, é 67% maior do que o tempo de subida.

3.7 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Como medida de adaptação às alterações climáticas, os caudais de cálculo foram majorados em 10%, sendo este um valor considerado como médio e enquadrado no objetivo do estudo. Este valor foi obtido com base nas anomalias das precipitações consultadas no “Plano de Gestão dos Riscos de Inundações”, da Agência Portuguesa do Ambiente, de março de 2019.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Com base na metodologia exposta nos capítulos anteriores, obtiveram-se os seguintes caudais de cálculo para cada bacia associada às passagens hidráulicas da zona em estudo. Numa fase inicial a bacia B 58+133, estava dividida em duas, no entanto, devido à existência dum aterro da Suldouro na zona, verificou-se que a junção das duas bacias era necessárias.

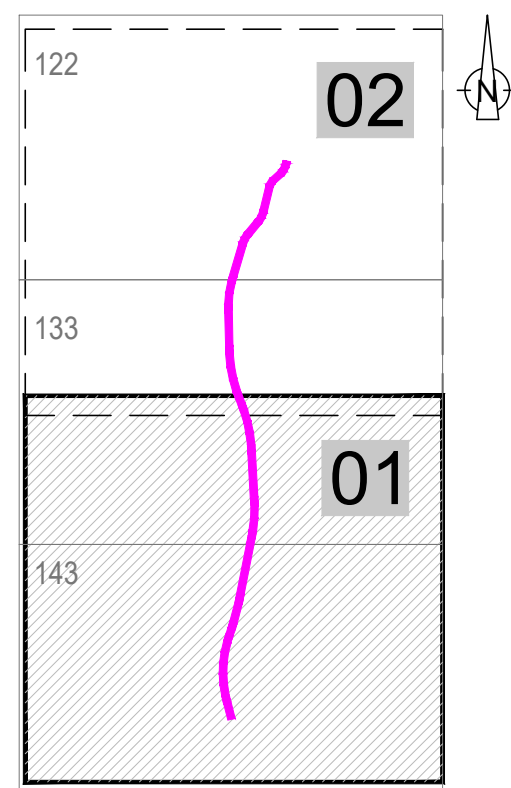
Bacia	Localização de Referência (km)	Área A _b (km ²)	Área < 10 km ²	L _b (km)	Cotas (m)		H (m)	Declive (%)	Temez T _c calc (min)	Corps Engineers T _c calc (min)	CN AMC III	T _c Adotado (min)
					Montante	Jusante						
B 50+674	50+674	0.043	Racional	0.00	73.70	73.70	0.0	-	-	-	-	10.0
B 51+100	PONTE RIBEIRA SENHORA DE LAMAS											
B 51+862	51+862	0.051	Racional	0.00	63.20	63.20	0.0	-	-	-	-	10.0
B 52+175	PONTE RIBEIRA SENHORA DE SILVADE											
B 54+409	54+409	0.410	Racional	0.52	97.00	62.20	34.8	7%	18.4	-	-	18.4
B 54+643	54+643	7.270	Racional	5.22	226.00	55.86	170.1	3%	121.2	-	-	121.2
B 55+910	TUNEL DE CASALDEITA 2											
B 57+498	57+498	4.349	Racional	3.90	220.00	74.50	145.5	4%	94.6	-	-	94.6
B 57+960	57+960	3.943	Racional	4.33	189.00	70.00	119.0	3%	108.5	-	-	108.5
B 58+138	58+138	0.507	Racional	0.87	116.00	78.00	38.0	4%	29.4	-	-	29.4
B 58+770	58+770	0.046	Racional	0.00	84.00	84.00	0.0	-	-	-	-	10.0
B 58+937	58+937	3.695	Racional	3.09	187.00	83.00	104.0	3%	80.8	-	-	80.8
B 60+025	TUNEL DE NEGRELOS 1											
B 60+975	TUNEL DE NEGRELOS 1											
B 61+450	61+450	3.415	Racional	2.12	206.00	95.00	111.0	5%	55.7	-	-	55.7
B 62+910	62+910	0.165	Racional	0.00	105.00	105.00	0.0	-	-	-	-	10.0
B 63+525	VIADUTO PEDREIRA DAS LAJES											
B 64+410	NOVA ESTAÇÃO DE VILA NOVA DE GAIA											
B 67+990	TUNEL DE VILA NOVA DE GAIA											

Bacia	Coef. Esc. (C) Tabela de Ven Te Chow	Parâmetros das curvas IDF, T=100 anos		Intensidade T=100 anos (mm/h)	Q (T=100 anos) Método Racional (m ³ /s)	Q (T=100 anos) HUT (m ³ /s)	Caudais Considerando as alterações climáticas (m ³ /s)
		a	b				
B 50+674	0.51	336.53	-0.53	99.09	0.60	-	0.66
B 51+100	PONTE RIBEIRA SENHORA DE LAMAS						
B 51+862	0.55	336.53	-0.53	99.09	0.78	-	0.85
B 52+175	PONTE RIBEIRA SENHORA DE SILVADE						
B 54+409	0.53	336.53	-0.53	71.68	4.33	-	4.76
B 54+643	0.66	677.67	-0.73	20.92	27.88	-	30.66
B 55+910	TUNEL DE CASALDEITA 2						
B 57+498	0.65	677.67	-0.73	25.03	19.66	-	21.62
B 57+960	0.65	677.67	-0.73	22.66	16.14	-	17.75
B 58+138	0.61	336.53	-0.53	55.89	4.80	-	5.28
B 58+770	0.49	336.53	-0.53	99.09	0.62	-	0.69
B 58+937	0.67	677.67	-0.73	28.06	19.30	-	21.23
B 60+025	TUNEL DE NEGRELOS 1						
B 60+975	TUNEL DE NEGRELOS 1						
B 61+450	0.67	677.67	-0.73	36.75	23.36	-	25.69
B 62+910	0.60	336.53	-0.53	99.09	2.72	-	2.99
B 63+525	VIADUTO PEDREIRA DAS LAJES						
B 64+410	NOVA ESTAÇÃO DE VILA NOVA DE GAIA						
B 67+990	TUNEL DE VILA NOVA DE GAIA						

Figura 7 – Caudais de cheia associados a cada passagem hidráulica

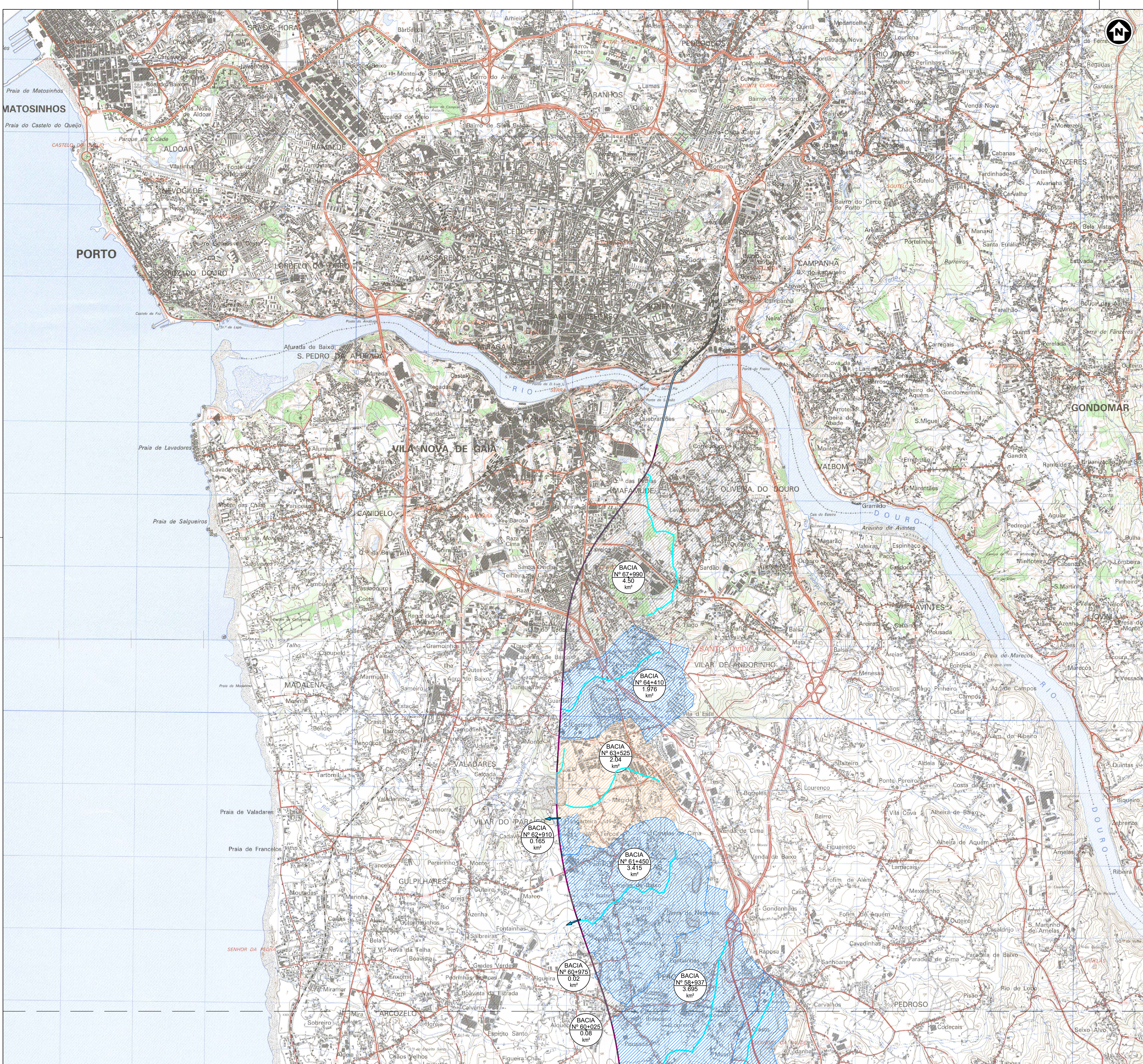


NOTA: REMETE-SE A DEFINIÇÃO DA BACIA REFERENTE AO RIO DOURO PARA O
CAPÍTULO ESPECÍFICO DA PONTE SOBRE O RIO DOURO, PF102A4.AP.02.01.00.68*



Quadro de referência das Cartas Militares 1:25 000

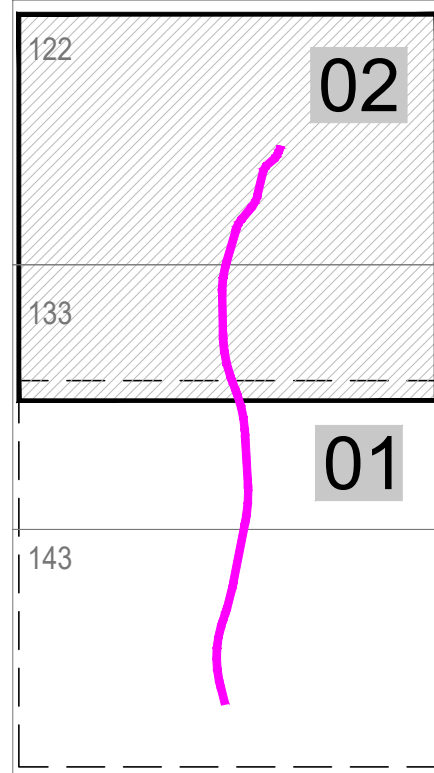
1.78 x 765



LEGENDA

- Bacia Hidrográfica associada PH
- Bacia Hidrográfica associada Ponte/Viaduto
- Bacia Hidrográfica associada Túnel
- Passagem Hidráulica
- Nº da bacia
Área em Km²
- Linha de água
- Eixo de Projeto (LAV)
- Viaduto / Ponte
- Túnel

NOTA: REMETE-SE A DEFINIÇÃO DA BACIA REFERENTE AO RIO DOURO PARA O CAPÍTULO ESPECÍFICO DA PONTE SOBRE O RIO DOURO, PF10244-AP.02.01.00.681



Quadro de referência das Cartas Militares 1:25 000

Cofinanciado pela
União Europeia