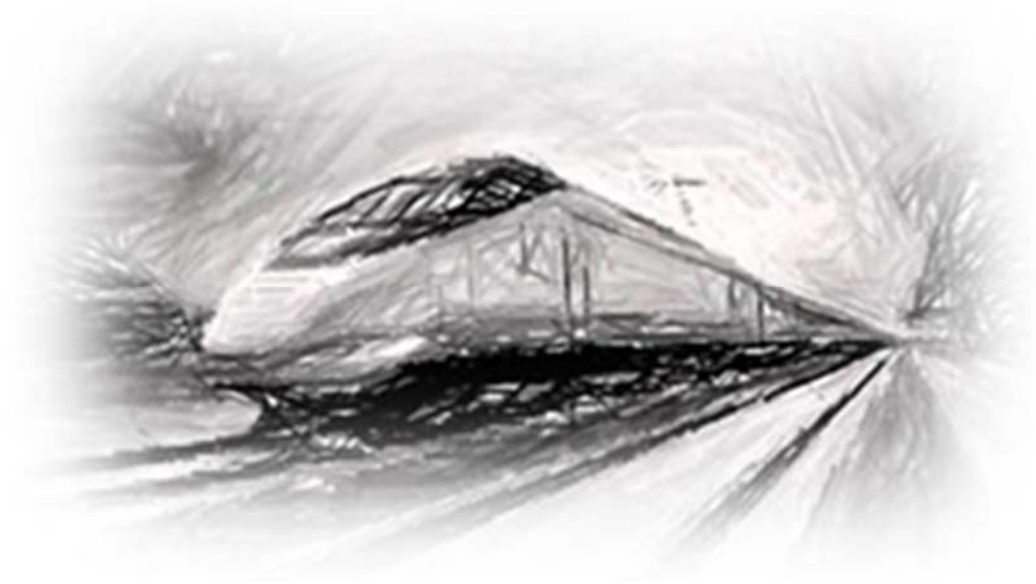


**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE
PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA
TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A3 – KM 33+200 AO KM 49+900**



**PROJETO DE EXECUÇÃO
VOLUME 01 – INFRAESTRUTURA 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 A3 – KM 33+200 AO KM 49+900**

**PROJETO DE EXECUÇÃO
VOLUME 01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA
TOMO 01.08 - ESTUDO HIDROLÓGICO**

ÍNDICE DE PEÇAS ESCRITAS		
CÓDIGO DOCUMENTO	DATA	DESIGNAÇÃO
PF102A3.PR.01.08.00.00.IND.00	14-08-2025	Índice
PF102A3.PR.01.08.00.00.MDJ.00	14-08-2025	Memória Descritiva Geral

ÍNDICE DE PEÇAS DESENHADAS			
CÓDIGO DOCUMENTO	DATA	DESIGNAÇÃO	Nº ORDEM
PF102A3.PR.01.08.00.00.101.00	14-08-2025	Planta km 33+200 a km 42+000	001
PF102A3.PR.01.08.00.00.102.00	14-08-2025	Planta km 42+000 a km 49+900	002

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Kátia Rocha Cláudio Pereira	Luís Almeida	Duarte Nuno Pereira Luís Almeida
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 PF102A3.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 PF102A3.PR.01.08.00.00.MDJ.00.docx	

Registo de Alterações

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

LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ
SUBTROÇO A3 – KM 33+200 AO KM 49+900****PROJETO DE EXECUÇÃO****VOLUME 01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA****TOMO 01.08 – ESTUDO HIDROLÓGICO****MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****ÍNDICE**

1	INTRODUÇÃO	1
2	METODOLOGIA	2
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	3
3.1	MORFOLOGIA E RELEVO	3
3.2	REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL	4
3.3	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	4
3.4	CLIMA	5
3.4.1	PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA DO AR	7
3.4.2	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	7
4	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	9
4.1	CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS.....	9
4.1.1	ÁREA DE DRENAGEM.....	9
4.1.2	ÍNDICE DE COMPACIDADE DE GRAVELIUS K_c.....	9
4.1.3	ÍNDICE DE ALONGAMENTO K_L.....	10
4.1.4	FATOR DE FORMA K_F.....	10
4.2	HIDROGEOLOGIA	11
4.2.1	CONSIDERAÇÕES	11
5	ESTIMATIVA DE CAUDAIS DE PONTA CHEIA PARA A DRENAGEM DA VIA FÉRREA	13
5.1	MÉTODOS DE CÁLCULO.....	13
5.1.1	FÓRMULA RACIONAL.....	13
5.1.2	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	13
5.1.3	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO.....	14
5.1.4	PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE CURTA DURAÇÃO. CURVAS IDF	16

5.1.5	PERÍODO DE RETORNO.....	18
5.1.6	INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	19
5.1.7	ESTIMATIVA DE CAUDAIS.....	20
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
7	BIBLIOGRAFIA	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de Localização.....	2
Figura 2 – Hipsometria (fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)	3
Figura 3 – Carta de Uso e Ocupação do Solo (Fonte: COS 2018 – DGT – Direção-Geral do Território)	5
Figura 4 - Classificação Climática de Köppen (Fonte: IPMA).....	6
Figura 5 – Delimitação geográfica da RH4A (Fonte: APA)	8
Figura 6 – Coeficientes de Escoamento para Portugal Continental (fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos).....	16
Figura 7 – Localização dos postos Udográficos com curvas IDF definidas.....	17

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Temperatura média do ar e precipitação, normais climatológicas, Aveiro / Universidade – 1981/2010 (fonte: IPMA)	7
Quadro 2 – Índice de compacidade, índice de alongamento e fator de forma das bacias	12
Quadro 3 – Valores do coeficiente C da fórmula racional (adaptado de Chow et al., 1988).....	15
Quadro 4– Parâmetros das curvas IDF para o Posto Udográfico de Aveiro (Universidade) (código 10F/01)	18
Quadro 5– Cálculo Hidrológico (T=100 anos).....	20
Quadro 6– Cálculo Hidrológico (T=20 anos).....	21
Quadro 7– Cálculo Hidrológico (T=5 anos).....	22

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo é parte integrante da Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre o Porto e Lisboa.

O troço em desenvolvimento denominado como Lote A, tem uma extensão aproximada de 70kms, e situa-se entre o Porto (Campanhã) e Aveiro (Oiã), tendo sido subdividido em 6 zonas:

- Subtroço A1 – km 0+000 ao km 15+500
- Subtroço A2 – km 15+500 ao km 33+200
- **Subtroço A3 – km 33+200 ao km 49+900**
- Subtroço A4 – km 49+900 ao km 70+225
- Subtroço A5 – Estação da Campanhã
- Subtroço A6 – Ligação à Linha do Norte em Canelas

O subtroço 3, objeto do presente estudo, desenvolve-se nos concelhos de Ovar e Santa Maria da Feira numa extensão de 16,7 km entre os pk 33+200 e km 49+900.

A presente memória descritiva e justificativa refere-se à especialidade integrada no Volume 01 – Infraestrutura e Plataforma de Via – Tomo 1.8 – Estudo Hidrológico, em fase de Projeto de Execução. Neste Estudo Hidrológico, apresentam-se os critérios de determinação dos caudais de ponta associados às bacias naturais que interessam a via férrea, fixando-se os caudais de cálculo das travessias associadas a passagens hidráulicas inseridas na plataforma de via férrea.

2 METODOLOGIA

O presente documento constitui a Memória Descritiva e Justificativa do estudo Hidrológico elaborado no âmbito do desenvolvimento do Projeto de Execução da “Linha Ferroviária de Alta Velocidade entre Porto (Campanhã) e Lisboa, Troço Porto (Campanhã) a Oiã, Subtroço A3 – Km 33+2000 a 49+900”. O presente estudo tem por objetivo estimar os caudais de ponta de cheia para as principais obras hidráulicas inseridas na obra geral de terraplenagem que promovem a transposição da via-férrea.

O estudo hidrológico elaborado em fase de Projeto de Execução foi elaborado na sequência do estudo efetuado, em fase de Estudo Prévio. Para complementar informação foram ainda realizadas visitas de reconhecimento ao local de intervenção, permitindo verificar localmente as condições naturais e artificiais das linhas de água.

A definição de metodologia para a realização do estudo hidrológico foi baseada na instrução técnica **IT.GEO.011.00**: Conceção e Dimensionamento da Infraestrutura e da Plataforma de Via, Versão 00 de 2023 e da **IT.GEO.004.01** - Drenagem - Parâmetros e Dimensionamento, Versão 1 de 2004.

Este documento foi estruturado com o intuito de servir de base ao projeto de drenagem transversal e longitudinal e aos estudos ambientais. Este Estudo Hidrológico tem como objetivo a determinação dos caudais de ponta de cheia, associados às linhas de água intersetadas pela via férrea, para um período de retorno de 100 anos.

No caso das linhas de água de maior importância, associados a atravessamento da via férrea através de obra de arte especial, estas serão alvo de estudo individualizado a incluir no Volume 02– Infraestrutura de Obras de Arte (Via Férrea).

Após a identificação das bacias hidrográficas, identificaram-se as principais características fisiográficas e avaliou-se climatologicamente a área envolvente, estimando-se por fim os caudais de ponta de cheia para o período de retorno de 100 anos.



Figura 1 - Esquema de Localização

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Neste capítulo, abordaremos as características do clima, do relevo e da hidrografia, apresentando uma visão geral de Portugal Continental, com ênfase na área onde se realiza o estudo, especificamente na Região Centro – Norte.

Portugal Continental localiza-se na extremidade SW da Península Ibérica e faz fronteira a N e a E com Espanha sendo limitado a S e a W pelo Oceano Atlântico Norte. Tem uma forma quadrilátera alongada com uma área de 89 060 km². A extensão Norte-Sul (de 42°09' até 36°58'N) atinge os 561km e a máxima extensão Este-Oeste (de 6°12' até 9°30'W) é de 218 km (RIBEIRO, *et al.*, 1991).

3.1 MORFOLOGIA E RELEVO

No território de Portugal Continental, a distribuição do relevo é bastante desigual entre o Norte e o Sul do país. As áreas de baixa altitude predominam, com mais de 70% do território situado abaixo dos 400 metros e apenas 12% acima dos 700 metros. A Norte do Tejo, podemos encontrar 95,4% das áreas com altitude superior a 400 metros.

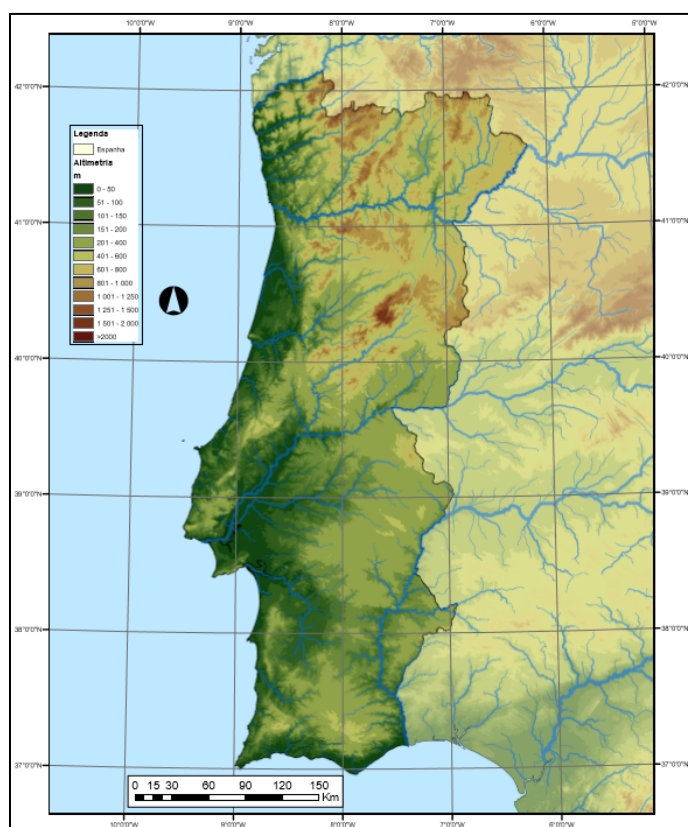


Figura 2 – Hipsometria (fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

3.2 REDE HIDROGRÁFICA PRINCIPAL

A área onde se desenvolve o estudo subdivide-se numa bacia principal, a do rio Vouga.

- O Rio Vouga, que se encontra inteiramente em território português, tem sua origem na Serra da Lapa, a uma altitude de 930 metros, no distrito de Viseu. A sua bacia localizada na região centro de Portugal com percurso feito de este para oeste e com cerca de 148 quilómetros de extensão, é composta, entre outros, pelo próprio Rio Vouga e seus afluentes até à confluência com o Rio Águeda, que também é um afluente do Vouga. Esta bacia não se caracteriza como uma bacia tradicional, com um rio claramente definido e seus afluentes; na verdade, trata-se de um conjunto hidrográfico de rios que desaguam muito próximo da Foz do Vouga, em uma laguna que se conecta ao mar, a Ria de Aveiro. Deste conjunto, fazem parte o rio Vouga, o rio Águeda e seus afluentes Cértima, Largo e Levira. No lado sul, encontramos o Rio Boco, enquanto no braço norte da Ria de Aveiro estão o Antuã, a ribeira do Fontão e a ribeira de Caster. Também é importante mencionar que a Pateira de Fermentelos integra a bacia do Vouga, funcionando como uma bacia de retenção para o rio Águeda, especialmente quando, devido à influência do rio Vouga, o rio Águeda não consegue descarregar o seu caudal no rio Vouga;

3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O presente estudo desenvolve-se na seguinte região hidrográfica:

- RH4A – Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis

Esta região hidrográfica possui um território caracterizado por uma predominância de zonas florestais e agrícolas. A região hidrográfica RH4A também conta com uma área artificializada que é pequena em comparação à sua área total. Esta região hidrográfica apresenta uma vasta área florestal, com aproximadamente 56% de seu território coberto por florestas.

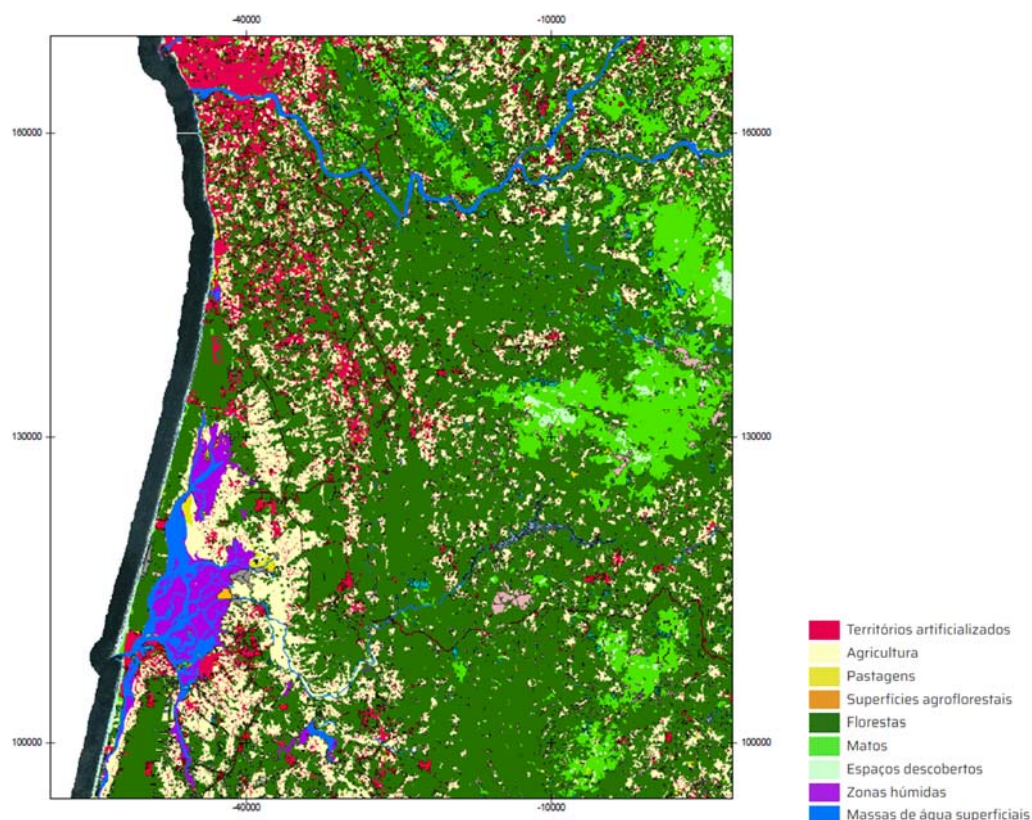


Figura 3 – Carta de Uso e Ocupação do Solo (Fonte: COS 2018 – DGT – Direção-Geral do Território)

3.4 CLIMA

Os valores que definem o clima de um determinado local, de acordo com a OMM – Organização Meteorológica Mundial, dependem do intervalo de tempo analisado e das séries de dados disponíveis para essa localidade. Para que possamos estudar adequadamente as variações climáticas em uma região específica, é necessário dispor de séries longas de dados, e isso é o que ocorre em Portugal, uma vez que as primeiras observações climáticas datam de 1865.

O clima é definido pelos valores médios dos diversos elementos climáticos ao longo de um período de 30 anos. O valor normal de um elemento climático refere-se ao valor médio que corresponde a um número de anos suficientemente extenso para que se possa considerar que ele representa o valor predominante desse elemento na localidade em questão. As normais climatológicas, são resultados estatísticos obtidos em intervalos de 30 anos e geralmente têm início no primeiro ano de cada década, como por exemplo, 1931-1960, 1941-1970..., entre outros.

O Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), tem disponíveis as normais climatológicas referentes ao período de 1971 a 2000, obtidas a partir das 21 estações de observação e coleta, permitindo-nos aceder aos valores mensais e anuais dos principais elementos climáticos. Em Portugal, aplica-se a classificação de Köppen-Geiger, que se baseia na última revisão de Köppen realizada em 1936.

Na figura 3 podemos observar que na maioria do território Continental o clima é temperado, do Tipo C, verificando-se o Subtipo Cs que nos indica tratar-se de um Clima Temperado com Verão Seco, apresentando este subtipo duas divisões:

- **Csa**, clima temperado com verão quente e seco nas regiões interiores do vale do Douro (parte do distrito de Bragança), assim como nas regiões a sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela (exceto no litoral oeste do Alentejo e Algarve).

- **Csb**, clima temperado com Verão seco e suave, em quase todas as regiões a Norte do sistema montanhoso Montejunto-Estrela e nas regiões do litoral oeste do Alentejo e Algarve.

Numa pequena região do Baixo Alentejo, no distrito de Beja, encontra-se Clima Árido – Tipo B, Subtipo BS (clima de estepe), variedade BSk (clima de estepe fria da latitude média).

O Subtroço A3 – Km 33+2000 a 49+900 localiza-se na zona **Csb**.

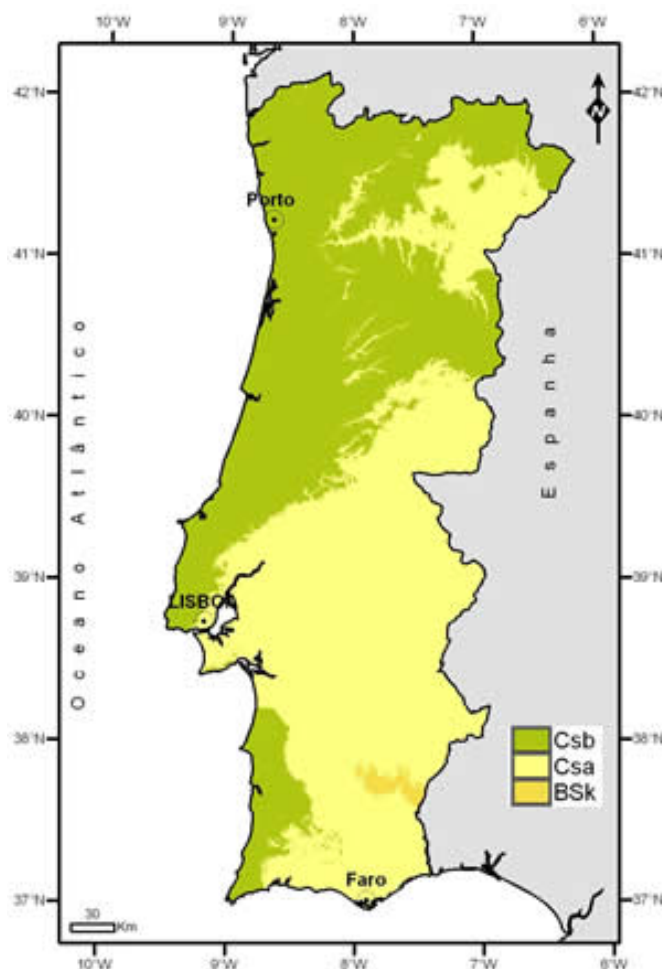


Figura 4 - Classificação Climática de Köppen (Fonte: IPMA)

3.4.1 PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA DO AR

De acordo com os dados do IPMA, para a estação considerada no estudo, teremos:

Estação de Aveiro/Universidade

- Estação: climatológica; Número: 702;
- Localização: Latitude: 40°38'N; Longitude: 08°40'W;
- Altitude: 5m

As normais climatológicas disponibilizadas entre os anos de 1981 e 2010 informam os valores mensais de temperatura média do ar e de precipitação indicadas no quadro a seguir apresentado. Também neste mesmo quadro, podemos verificar os meses onde se registam os valores médios mais baixos e mais altos tanto no que diz respeito à temperatura do ar como aos níveis de precipitação.

Quadro 1 – Temperatura média do ar e precipitação, normais climatológicas, Aveiro / Universidade – 1981/2010 (fonte: IPMA)

Meses do ano	Temperatura do ar (temperatura média °C)	Precipitação (média da quantidade de precipitação total mm)
Janeiro	10.4	119.8
Fevereiro	11.4	87.5
Março	13.3	67.2
Abril	14.3	91.2
Maio	16.3	74.9
Junho	18.9	29.2
Julho	20.1	13.5
Agosto	20.3	19.3
Setembro	19.5	49.3
Outubro	16.5	129.3
Novembro	13.6	128.3
Dezembro	11.4	134.5

Verifica-se que a temperatura média do ar mais baixa acontece no mês de janeiro e a mais alta no mês de agosto, e que o mês onde se regista maior precipitação mensal é o mês de dezembro, enquanto que julho apresenta o valor mais baixo de precipitação. O valor médio da quantidade de precipitação total anual é de 944mm e da temperatura do ar registou-se uma média de 15,5 °C.

A área interessada pelo estudo apresenta, de maneira geral, um clima mediterrânico ameno com influência do oceano.

3.4.2 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

As alterações climáticas, são causadas pelo aquecimento global do planeta, e traduzem-se em alterações dos padrões meteorológicos, tais como a temperatura, níveis do mar ou precipitação.

A principal causa apontada para as alterações climáticas é a combustão de combustíveis fósseis, que ao emitirem gases formam o denominado “efeito estufa”, aprisionando o calor na atmosfera, contudo também a agricultura e a desflorestação têm contribuído para o aumento deste efeito.

O maior impacto das alterações climáticas é o aumento da temperatura global do planeta, que leva ao degelo dos polos, provocando uma subida do nível médio do mar, originando inundações nas zonas costeiras, bem como fenómenos extremos climáticos mais frequentes e mais intensos, ou seja, tempestades cada vez mais acentuadas, ou incêndios florestais e secas mais recorrentes devido às vagas de calor.

A APA – Agência Portuguesa do Ambiente, desenvolveu um “Plano de Gestão dos Riscos de Inundações”, março 2019, abrangendo todo o território nacional. A área onde se inclui o presente estudo contempla a Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis - RH4A, abaixo apresentada:

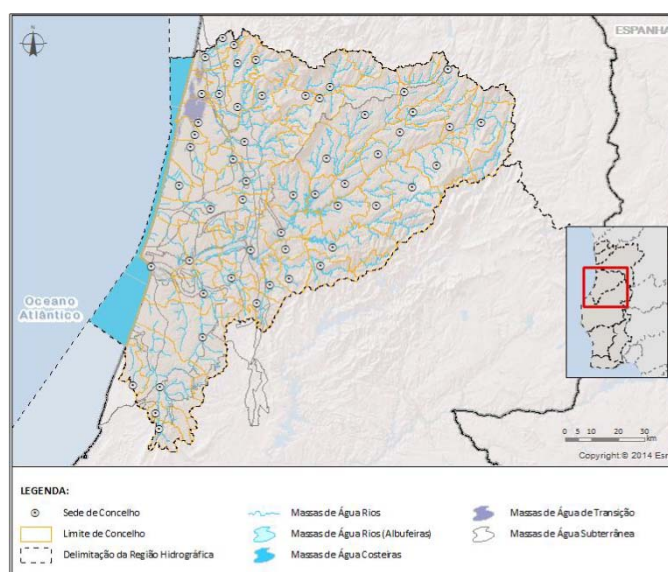


Figura 5 – Delimitação geográfica da RH4A (Fonte: APA)

O estudo referido, apresenta simulações (cenários RCP4.5 e RCP8.5), para três intervalos de anos, 2011-2040, 2041-2070 e 2041-2070, considerado este último como um “futuro intermédio”.

Tendo então por base os valores de referência dos anos 1971-2000, no contexto de ambas as regiões hidrográficas deste estudo e de acordo como os resultados disponíveis através do Portal do Clima, a tendência de variação observada nos valores médios mensais da agregação dos modelos climáticos traduz uma diminuição das precipitações médias ao longo do ano no cenário RCP4.5 tendo esta diminuição maior expressividade no cenário RCP8.5. Os valores obtidos, não apresentam variações muito significativas nas precipitações diárias, contudo é de admitir um aumento efetivo da probabilidade de ocorrência de risco de cheias, já que para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, verifica-se um aumento nos valores médios da precipitação, o que representa um risco quando, associados ao aumento da intensidade e frequência de eventos de precipitação de curta duração.

Para o estudo aqui apresentado, onde trabalhamos com caudais máximos, importam as condições mais desfavoráveis que teremos, e neste caso o mais desfavorável para o dimensionamento hidráulico, ocorre nos meses de maior precipitação, em virtude dos efeitos previsíveis de aumento de pluviosidade que se esperam, para os meses de maior probabilidade de chuva, provocados pelas alterações climáticas, para a região do Vouga, Mondego e Lis (RH4A), no “Plano de Gestão dos Riscos de Inundações”, da Agência Portuguesa do Ambiente, de Março de 2019.

4 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

4.1 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS

4.1.1 ÁREA DE DRENAGEM

As características morfológicas das bacias hidrográficas das linhas de água intercetadas pela via férrea foram levantadas sobre cartografia à escala 1:25 000 (cartas militares), e são apresentadas no capítulo 5.1.7 – Estimativa de caudais. Com base nesta cartografia observa-se que a região dispõe de uma rede hidrográfica caracterizada por um grande número de linhas de escoamento temporário e que se formam apenas quando ocorre precipitação com alguma intensidade e que não possuem uma secção de escoamento definida. Tendo em atenção em imagens de satélite, e confirmado no campo, parte significativa das linhas de água identificadas na carta militar, no interior das bacias hidrográficas em estudo, não são visíveis no terreno, constituindo apenas linhas de talvegue, por onde o escoamento superficial é preferencialmente conduzido em situações de precipitações de maior intensidade.

A delimitação das bacias hidrográficas é apresentada nos desenhos com o nº PF 102A3.PR.01.08.00.00.101.00 e PF 102A3.pr.01.08.00.00.102.00.

As bacias estudadas que interessam o traçado, que consubstanciam caudais associados a travessias da via por intermédio de passagens hidráulicas ou associados a órgão de drenagem longitudinal, têm áreas inferiores a 9,88 km². A média das dimensões das bacias hidrográficas é de 1,00 km², onde cerca de 72% tem uma área inferior a 1 km².

As altitudes máximas encontradas nestas bacias hidrográficas andam na ordem dos 300m e as mínimas na ordem dos 60m.

As bacias de maiores dimensões, maiores de 10km², que interessam o traçado e são transpostas recorrendo a obras de arte especiais, são alvo de estudo individualizado que consta do Volume 02– Infraestrutura de Obras de Arte (Via Férrea).

4.1.2 ÍNDICE DE COMPACIDADE DE GRAVELIUS K_c

O coeficiente de compacidade ou índice de Gravelius (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo e define-se como a relação que existe entre o perímetro da bacia (P) e o perímetro (P') de um círculo de área (A) igual à da bacia,

$$K_c = P / P'$$

Quanto maior K_c menos compacta é a bacia (maior é o perímetro em relação à área) e, portanto, menor tendência para cheias terá.

Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo. Assim, pode-se interpretá-lo da seguinte forma:

1,00 < K_c < 1,25 - bacia com maior propensão a grandes enchentes;

$1,25 < 1,50$ - bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

$K_c > 1,50$ - bacia com menor propensão a grandes enchentes.

Os valores que caracterizam a bacia hidrográfica através do índice de compacidade de Gravelius (KC) são: $KC = 1$ define uma bacia circular; $KC < 1,128$ define uma bacia arredondada; $KC = 1,128$ define uma bacia quadrada; $KC > 1,128$ corresponde a bacias que poderão ser consideradas alongadas para determinadas relações entre o comprimento e a largura fixadas através do índice de alongamento (K_L).

4.1.3 ÍNDICE DE ALONGAMENTO K_L

O índice de alongamento (K_L) é a relação entre o comprimento (L) e largura (b) de um retângulo equivalente. O índice de alongamento (K_L) é expresso pela seguinte equação:

$$K_L = L / b$$

Caso o índice de alongamento (K_L) seja superior a 2, a bacia hidrográfica é considerada alongada o que traduz menor risco de cheia porque os seus percursos são mais longos, há um maior tempo de escoamento e um maior tempo de resposta.

4.1.4 FATOR DE FORMA K_f

Fator de Forma

O fator de forma relaciona a forma da bacia com um retângulo e define-se como a relação entre largura média da bacia (l_m) e o comprimento da bacia (L).

$$K_f = l_m / L$$

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

$1,00 < K_f < 0,75$: sujeito a enchentes;

$0,75 < K_f < 0,50$: tendência mediana;

$K_f < 0,50$ - menor tendência a enchentes

Uma bacia com um fator de forma baixo encontra-se menos exposta à ocorrência de cheias, que outra do mesmo tamanho com um fator de forma superior, já que na bacia alongada a probabilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo a totalidade da bacia é mais reduzida.

Estes dois índices e o fator de forma devem ser analisados em conjunto para determinar a maior ou menor propensão para avaliar o risco de cheia de uma bacia hidrográfica.

4.2 HIDROGEOLOGIA

A área onde se desenvolve este estudo situa-se no distrito de Aveiro. O traçado da linha de alta velocidade desenvolve-se, nesta zona, ao longo de bacias hidrográficas de pequenas ribeiras costeiras, que se localizam na bacia do Rio Vouga.

O traçado da linha ferroviária de alta velocidade, e as respetivas bacias que o interseitam, inserem-se num ambiente constituído essencialmente por rochas metassedimentares, pertencentes ao Complexo Xisto-grauváquico, que apresentam frequentemente recobrimento com depósitos de cobertura arenosos, de matriz argilosa, por vezes com abundante cascalho. No que diz respeito à ocupação dos solos, na região predominam terrenos agrícolas e ocupação florestal, nomeadamente eucalipto, coexistindo com uma malha urbana dispersa e que aumenta a sua densidade para norte, à medida que o traçado converge para o litoral em direção ao Porto.

4.2.1 CONSIDERAÇÕES

Quanto à forma das bacias, que constitui também indicador da tendência que cada bacia terá para ocorrência de cheia, podemos verificar pelo quadro abaixo que, na maioria dos casos, se verifica que todas elas possuem uma forma alongada ($K_c > 1$), cujo valor de K_L é sempre muito superior ao valor 2 e que o valor de K_F se apresenta sempre muito baixo, estes indicadores dão-nos o retorno que se tratam de bacias com um risco de ocorrência de cheias baixo.

Quadro 2 – Índice de compacidade, índice de alongamento e fator de forma das bacias

Bacia	Bacia Hidrográfica					
	PH	Localização	A (Km2)	Factor de Forma Kc	Índice de Gravélius Kf	Índice de Alongamento KL
B33.1	PH/PF 33.1	33+352	4,30	0,2	1,51	3,66
B34.1	PH/PF 34.1	34+470	9,88	0,3	1,35	2,62
B35.1	PH/PF 35.1	35+551	2,30	0,2	1,61	4,55
B36.1	PH/PF 36.1	36+153	0,32	0,4	1,35	2,71
B36.2	PH/PF 36.2	36+648	0,92	0,3	1,36	3,29
B36.3	PH/PI 36.3	36+923	0,08	0,3	1,33	2,47
B37.1	PH 37.1	37+203	0,71	0,4	1,31	2,61
B37.2	PH 37.2	37+610	0,08	0,7	1,17	1,51
B37.3	PH 37.3	37+888	0,39	0,3	1,40	2,55
B39.1	PH 39.1	39+019	1,52	0,2	1,53	4,15
B39.2	PH 39.2	39+750	0,08	1,5	1,15	1,81
B39.3	PH 39.3	39+825	0,02	1,0	1,17	0,46
B40.2	PH 40.2	40+399	0,05	0,3	1,51	2,63
B41.1	PH 41.1	41+242	0,03	1,3	1,33	0,51
B42.1	PH 42.1	42+019	0,08	3,0	1,51	0,27
B42.2	PH 42.2	42+967	0,37	2,8	0,50	0,46
B43.1	PH 43.1	43+612	0,31	0,5	1,18	1,57
B44.1	PH/PF 44.1	44+073	0,36	0,5	1,31	1,26
B44.2	PH 44.2	44+488	0,05	0,5	1,27	1,58
B48.1	PH 48.1	48+049	0,10	1,0	1,16	0,90
B48.2	PH 48.2	48+474	0,07	0,1	1,34	3,43

5 ESTIMATIVA DE CAUDAIS DE PONTA CHEIA PARA A DRENAGEM DA VIA FÉRREA

5.1 MÉTODOS DE CÁLCULO

Foi definido que, para bacias hidrográficas com uma área inferior ou igual a 10 km² (onde estão inseridas todas as bacias objeto de estudo), o cálculo dos caudais de ponta seria efetuado recorrendo ao Método Racional.

5.1.1 FÓRMULA RACIONAL

Trata-se de uma fórmula muito útil e é das metodologias simplificadas a mais utilizada em Portugal, para o cálculo dos caudais de ponta. Devemos ter em conta que esta fórmula admite a precipitação constante no tempo e no espaço e que prevê um coeficiente de escoamento constante, (limitações hidrológicas), como limitação hidráulica temos o facto de considerar que o caudal de ponta de cheia só ocorre quando toda a bacia está a contribuir para o escoamento. Para a utilização da fórmula racional, temos de conhecer a área da bacia, o tempo de concentração e as curvas IDF (Intensidade/duração/frequência) para um dado período de retorno.

A fórmula Racional é definida por:

$$Q_p = (C \times I \times A_b) \div 3.6$$

em que:

Q_p = caudal de ponta de cheia (m³/s)

C = coeficiente da fórmula racional (-)

A_b = área da bacia hidrográfica (km²)

I = intensidade média de precipitação (mm/h)

5.1.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário para que uma gota caída no ponto hidráulicamente mais distante na bacia atinja a secção de referência, ou poderemos afirmar que é o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial e tem repercussão significativa na intensidade média de precipitação a considerar no cálculo.

Para o cálculo do tempo de concentração existem inúmeras expressões de cálculo, todas elas válidas, no entanto neste estudo foi utilizada a de Temez.

Após a análise dos resultados obtidos, o tempo de concentração adotado para o cálculo da intensidade média de precipitação associado a cada bacia hidrográfica, foi fixado também nas características geomorfológicas de cada bacia, fixando-se os seguintes pressupostos de base:

- Bacias com área inferior ou igual a 10km² - Fórmula de Temez;

O tempo de concentração mínimo a adotar para as bacias associadas a drenagem transversal, bacias naturais, é de 10 minutos. Para as bacias associadas aos órgãos de drenagem longitudinal foi considerado o tempo de concentração mínimo de 5 minutos.

A seguir enuncia-se a fórmula utilizada:

- **Fórmula de Temez,**

$$tc = 0.30 \times (L_b \div i^{0.25})^{0.76}$$

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)

5.1.3 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

Este coeficiente tem em linha de conta as perdas de precipitação, incluindo, as perdas por interseção, infiltração, retenção superficial e evapotranspiração, e a difusão do escoamento, entendida como sendo uma medida da “capacidade” da bacia hidrográfica, para atenuar os caudais de ponta de cheia.

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.

Deste modo, o coeficiente C é também função do período de retorno, aumentando com o aumento daquele período, de modo a traduzir a diminuição das perdas de precipitação.

Quadro 3 – 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/teihados	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%	0,430	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

Para os casos em estudo, e tendo em conta que as bacias se localizam maioritariamente em zonas não urbanas, com inclinações entre os 2% e os 7%, os coeficientes de escoamento utilizados, situam-se entre 0.50 e 0.54.

Em casos pontuais, onde a ocupação das bacias inclui zonas mais urbanizadas, principalmente na zona de Esmoriz, o coeficiente C foi adaptado de forma a traduzir a maior impermeabilização, tendo-se considerado um valor de 0.60 para o coeficiente de escoamento.

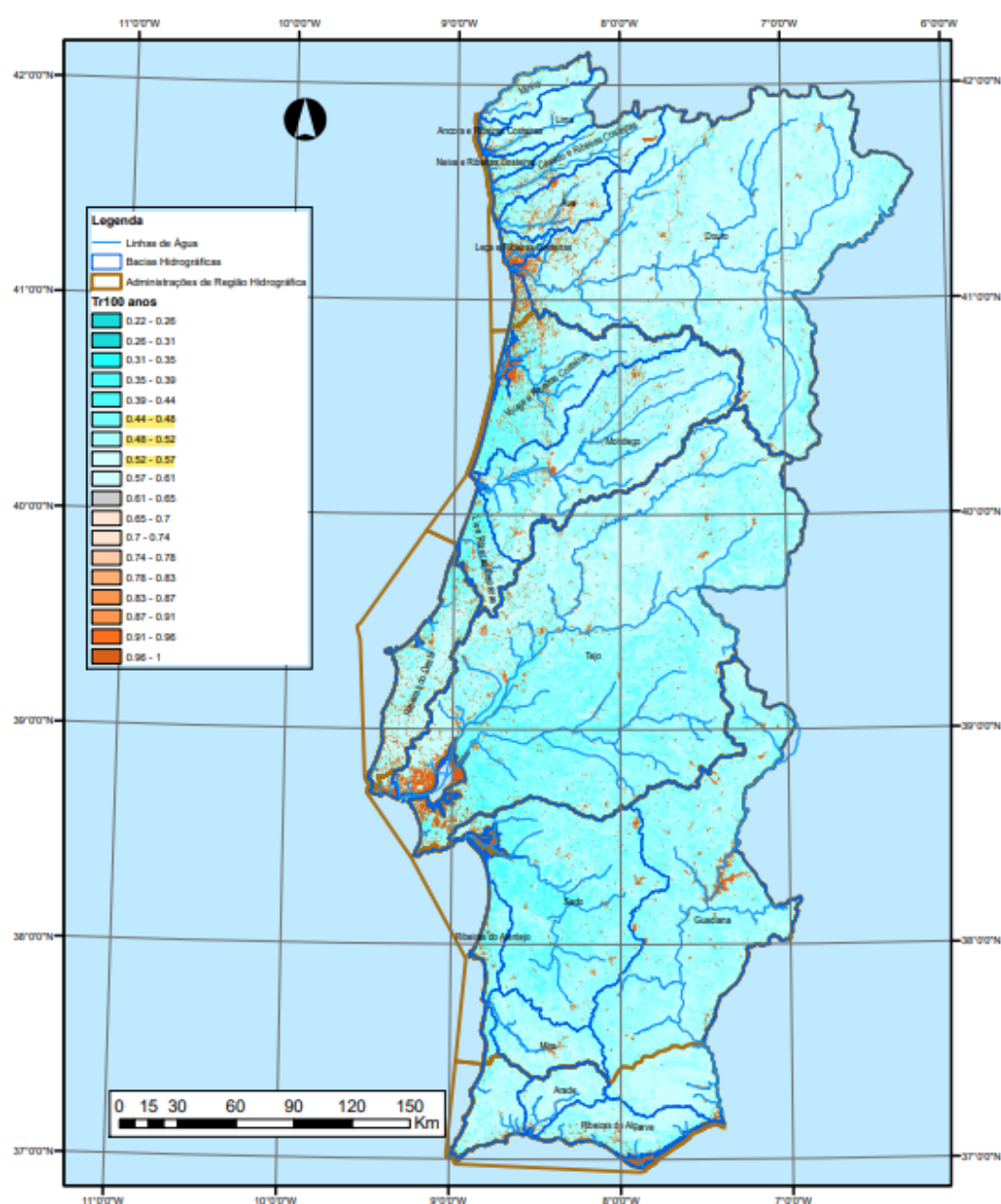


Figura 6 – Coeficientes de Escoamento para Portugal Continental (fonte: SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

Os valores apresentados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos – SNIRH para Portugal Continental, são acima apresentados, onde se pode observar que os valores dos coeficientes de escoamento oscilam entre o $C = 0.44$ e $C = 0.57$, para a zona em estudo, havendo pontualmente zonas onde o coeficiente de escoamento é superior, devido à impermeabilização dos locais. Assim se conclui que, os valores adotados estão dentro do intervalo aconselhado pelo SNIRH.

5.1.4 PRECIPITAÇÕES INTENSAS DE CURTA DURAÇÃO. CURVAS IDF

Considera-se como precipitação crítica, relativa a uma determinada bacia hidrográfica, o acontecimento pluvioso que, através do maior regime de intensidade, assegura toda a contribuição

da bacia hidrográfica para o escoamento na sua secção de definição, e, consequentemente, provoca o caudal de ponta de cheia mais elevado de acordo com essa mesma intensidade.

A maioria das bacias presentes neste estudo são de pequena dimensão (inferiores a 1 km²) e, para bacias desta natureza, considera-se que a duração da precipitação (duração da chuvada) deve igualar o tempo de concentração da bacia hidrográfica.

Neste estudo foram usados os dados fornecidos pelo Instituto da Água para Portugal Continental contidos nos estudos de 2001 e de 2004 elaborados por Brandão, Rodrigues e Pinto da Costa para o Posto Udográfico de Aveiro (Universidade) (código 10F/01).

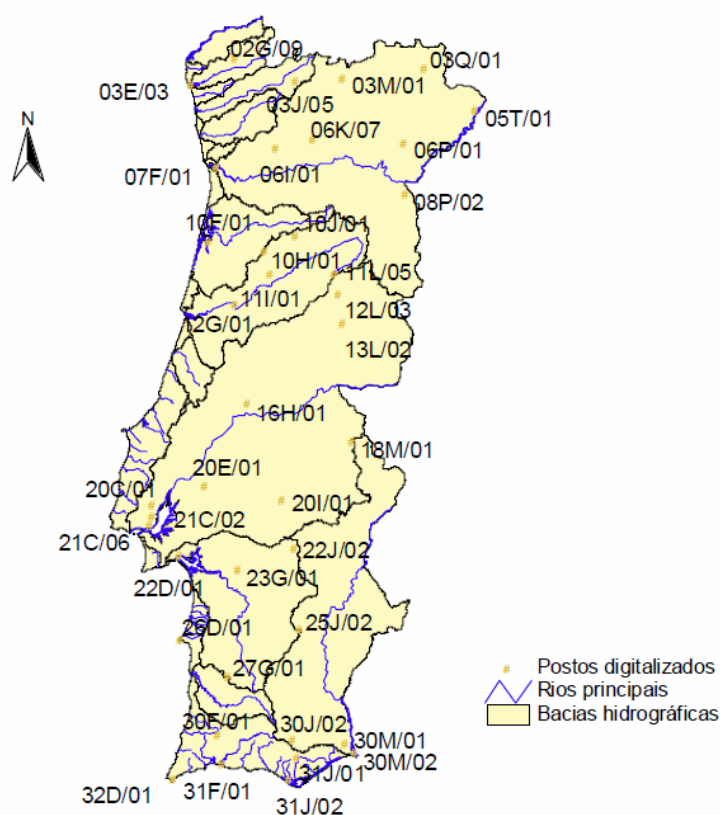


Figura 7 – Localização dos postos Udográficos com curvas IDF definidas

Assim, 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) que foram usados, são os seguintes:

Quadro 4– Parâmetros das curvas IDF para o Posto Udográfico de Aveiro (Universidade) (código 10F/01)

POSTO UDOGRÁFICO DE AVEIRO - código 10F/01			
Período de Retorno (anos)	Duração da chuvada	Parâmetro - a	Parâmetro - b
5 anos	5 min a 30 min	213,700	-0,530
	30 min a 6 horas	361,630	-0,683
	6 horas a 48 horas	360,930	-0,577
20 anos	5 min a 30 min	271,900	-0,503
	30 min a 6 horas	508,780	-0,707
	6 horas a 48 horas	467,720	-0,684
100 anos	5 min a 30 min	336,530	-0,531
	30 min a 6 horas	677,670	-0,725
	6 horas a 48 horas	586,040	-0,689

Para o cálculo da respetiva intensidade de precipitação afeta a cada bacia, será utilizada a fórmula:

$$I = a \times t c^b$$

em que:

I = intensidade de precipitação (mm/h)

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

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

5.1.5 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 à 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 de drenagem transversal para o período de retorno de 100 anos e o dimensionamento da drenagem longitudinal para o período de retorno de 20 anos. Para as passagens hidráulicas que comportam passadiços associados à fauna, a altura dos passadiços foi definida tendo por base que o nível de água correspondente a um período de retorno de 5 anos não atingisse esta altura mínima.

5.1.6 **INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

A APA – Agência Portuguesa do Ambiente, desenvolveu um “Plano de Gestão dos Riscos de Inundações”, março 2019, abrangendo todo o território nacional. A área onde se inclui o presente estudo a Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis - RH4A. Esse Plano, apresenta uma simulação para o cenário RCP4.5 e para o cenário RCP8.5, para três intervalos de anos, 2011-2040, 2041-2070 e 2041-2070, onde importa retirar que, para o estudo realizado, onde trabalhamos com caudais máximos, importam as condições mais desfavoráveis que teremos, e neste caso o mais desfavorável para o dimensionamento hidráulico ocorre nos meses de maior precipitação. Para ter em conta a previsível influência das alterações climáticas, os caudais a considerar no dimensionamento da secção hidráulica das PH's, foram majorados em 10%, em virtude dos efeitos previsíveis de aumento de pluviosidade que poderão vir a ocorrer para os meses de maior probabilidade de chuva, provocados pelas alterações climáticas.

5.1.7 ESTIMATIVA DE CAUDAIS

Quadro 5– Cálculo Hidrológico (T=100 anos)

Bacia						Linha de Água				Tempo Concentração			Metodo	Formula Racional Modificada				Diagrama Unitário (HUT)		Caudal Alt. Clim.	
	PH	Localização	A (km ²)	Altitude		L (km)	Cota		Declive médio	Temez min	USC min	Adotado min		A (ha)	I (mm/h)	C	Q (m³/s)	ta (h)	Q (m³/s)	K (Alt. Climatic)	Q (m³/s)
				Máxima	Mínima		Máxima	Mínima													
B33.1	PH/PF 33.1	33+352	4,30	208,00	68,90	4,32	194,00	68,90	0,031	105,6	67	106	Racional	430	23,05	0,50	13,8				15,1
B34.1	PH/PF 34.1	34+470	9,88	265,00	53,90	5,38	197,00	53,90	0,032	124,1	79	124	Racional	988	20,57	0,50	28,2				31,1
B35.1	PH/PF 35.1	35+551	2,30	179,00	73,30	3,64	150,00	73,30	0,033	92,0	59	92	Racional	230	25,54	0,50	8,1				9,0
B36.1	PH/PF 36.1	36+153	0,32	105,00	79,50	0,95	88,30	79,50	0,057	29,8	19	30	Racional	32	57,56	0,50	2,5				2,8
B36.2	PH/PF 36.2	36+648	0,92	135,00	78,60	1,74	130,00	78,60	0,034	52,2	33	52	Racional	92	38,63	0,50	4,9				5,4
B36.3	PH/PI 36.3	36+923	0,08	98,00	83,40	0,48	98,00	83,40	0,030	20,0	13	20	Racional	8	77,23	0,50	0,8				0,9
B37.1	PH 37.1	37+203	0,71	128,00	80,40	1,40	99,00	80,40	0,070	38,4	24	38	Racional	71	48,49	0,50	4,8				5,3
B37.2	PH 37.2	37+610	0,08	95,00	84,80	0,34	95,00	84,80	0,030	15,2	10	15	Racional	8	95,14	0,50	1,0				1,1
B37.3	PH 37.3	37+888	0,39	120,00	82,30	1,25	99,00	82,30	0,048	37,9	24	38	Racional	39	48,49	0,50	2,6				2,9
B38.1*	Ponte sobre a Rib.ª da Graça		11,10	262,00	54,80	5,52	245,00	54,80	0,029	129,1	82	106	HUT	1 110	23,05	0,52		1,177	19,6		21,6
B39.1	PH 39.1	39+019	1,52	143,00	78,30	2,68	128,00	78,30	0,027	75,3	48	75	Racional	152	29,62	0,50	6,3				6,9
B39.2	PH 39.2	39+750	0,08	91,00	77,40	0,24	91,00	77,40	0,058	10,3	7	10	Racional	8	127,65	0,50	1,4				1,6
B39.3	PH 39.3	39+825	0,02	85,50	79,60	0,14	85,50	79,60	0,043	7,2	5	10	Racional	2	127,65	0,50	0,3				0,4
B40.1*	Ponte sobre a Rib.ª de S.João		18,22	300,00	50,00	7,67	276,00	50,00	0,023	173,9	111	142	HUT	1 822	18,65	0,60		1,577	24,0	1,10	26,4
B40.2	PH 40.2	40+399	0,05	102,00	78,00	0,40	92,50	78,00	0,137	13,0	8	13	Racional	5	105,54	0,50	0,7				0,7
B40.3*	Pontr Rib.ª de Caster		8,94	209,00	59,30	5,44	150,00	59,30	0,022	135,0	86	135	Racional	894	19,34	0,54	26,0				28,5
B41.1	PH 41.1	41+242	0,03	99,00	94,00	0,17	99,00	94,00	0,030	8,9	6	10	Racional	3	127,65	0,54	0,7				0,7
B42.1	PH 42.1	42+019	0,08	99,00	96,00	0,17	99,00	96,00	0,018	9,8	6	10	Racional	8	127,65	0,50	1,4				1,6
B42.2	PH 42.2	42+967	0,37	115,00	101,50	0,36	115,00	101,50	0,040	15,4	10	15	Racional	37	95,14	0,50	4,9				5,4
B43.1	PH 43.1	43+612	0,31	125,00	102,00	0,77	118,00	102,00	0,038	27,4	17	27	Racional	31	62,13	0,50	2,7				3,0
B44.1	PH/PF 44.1	44+073	0,36	125,00	87,40	0,88	119,00	87,40	0,049	28,9	18	29	Racional	36	58,99	0,50	2,9				3,2
B44.2	PH 44.2	44+488	0,05	108,00	89,00	0,30	108,00	89,00	0,063	12,2	8	12	Racional	5	111,84	0,50	0,7				0,8
B44.3*	Ponte sobre a Rib.ª da Remôlha		10,73	311,00	70,50	5,93	290,00	70,50	0,030	135,6	86	111	HUT	1 073	22,29	0,60		1,233	18,1		19,9
B46.1*	Viaduto sobre a A29/IC1 (Rib.ª de Beire)		10,73	254,00	62,00	5,73	230,00	62,00	0,027	134,9	86	110	HUT	1 073	22,44	0,60		1,222	18,3		20,1
B48.1	PH 48.1	48+049	0,10	105,90	99,30	0,33	105,90	99,30	0,020	16,1	10	16	Racional	10	90,79	0,60	1,6				1,7
B48.2	PH 48.2	48+474	0,07	100,70	98,40	0,96	100,70	98,40	0,002	54,9	35	10	Racional	7	127,65	0,60	1,5				1,7
B49.1*	Ponte sobre a Rib.ª de Rio Maior		0,63	103,00	71,00	0,52	100,30	71,00	0,034	20,9	13	21	Racional	63	74,54	0,64	8,3				9,2

* Consultar Estudo Hidrológico específico da Obra de Arte

Quadro 6– Cálculo Hidrológico (T=20 anos)

Bacia								Linha de Água			Tempo Concentração				Formula Racional Modificada				Caudal Alt. Clim.			
	PH	Localização	A (km²)	Comprimento da Bacia (m)	Perimetro (m)	Altitude		L (km)	Cota		Declive médio	Temez	USC	Adotado	Metodo	A (ha)	I (mm/h)	C	Q (m³/s)	K (Alt. Climatic)	Q (m³/s)	
						Máxima	Mínima		Máxima	Mínima												m/m
B33.1	PH/PF 33.1	33+352	4,30	4 319	11 194	208,00	68,90	4,32	194,00	68,90	0,031	106	67	106	Racional	430	18,82	0,50	11,2			
B34.1	PH/PF 33.2	34+470	9,88	5 381	15 122	265,00	53,90	5,38	197,00	53,90	0,032	124	79	124	Racional	988	16,85	0,50	23,1			25,4
B35.1	PH/PF 35.1	35+551	2,30	3 636	8 694	179,00	73,30	3,64	150,00	73,30	0,033	92	59	92	Racional	230	20,80	0,50	6,6			7,3
B36.1	PH/PF 36.1	36+153	0,32	950	2 724	105,00	79,50	0,95	88,30	79,50	0,057	30	19	30	Racional	32	45,94	0,50	2,0			2,2
B36.2	PH/PF 36.2	36+648	0,92	1 742	4 641	135,00	78,60	1,74	130,00	78,60	0,034	52	33	52	Racional	92	31,14	0,50	4,0			4,4
B36.3	PH/PI 36.3	36+923	0,08	481	1 312	98,00	83,40	0,48	98,00	83,40	0,030	20	13	20	Racional	8	61,19	0,50	0,6			0,7
B37.1	PH 37.1	37+203	0,71	1 395	3 957	128,00	80,40	1,40	99,00	80,40	0,070	38	24	38	Racional	71	38,87	0,50	3,9			4,2
B37.2	PH 37.2	37+610	0,08	335	1 174	95,00	84,80	0,34	95,00	84,80	0,030	15	10	15	Racional	8	75,00	0,50	0,8			0,9
B37.3	PH 37.3	37+888	0,39	1 250	3 144	120,00	82,30	1,25	99,00	82,30	0,048	38	24	38	Racional	39	38,87	0,50	2,1			2,3
B38.1*	Ponte sobre a Rib.ª da Graça		11,10	5 516	15 279	262,00	54,80	5,52	245,00	54,80	0,029	129	82	106	HUT	1 110	18,82	0,52		21,6		
B39.1	PH 39.1	39+019	1,52	2 675	6 758	143,00	78,30	2,68	128,00	78,30	0,027	75	48	75	Racional	152	24,04	0,50	5,1	1,10	26,4	
B39.2	PH 39.2	39+750	0,08	235	1 163	91,00	77,40	0,24	91,00	77,40	0,058	10	7	10	Racional	8	99,89	0,50	1,1			1,2
B39.3	PH 39.3	39+825	0,02	137	576	85,50	79,60	0,14	85,50	79,60	0,043	7	5	10	Racional	2	99,89	0,50	0,3			0,3
B40.1*	Ponte sobre a Rib.ª de S.João		18,22	7 665	20 685	300,00	50,00	7,67	276,00	50,00	0,023	174	111	142	HUT	1 822	15,31	0,60				26,4
B40.2	PH 40.2	40+399	0,05	395	1 155	102,00	78,00	0,40	92,50	78,00	0,137	13	8	13	Racional	5	82,98	0,50	0,5			0,6
B40.3*	Pontr Rib.ª de Caster		8,94	5 440	14 672	209,00	59,30	5,44	150,00	59,30	0,022	135	86	135	Racional	894	15,86	0,54	21,3			23,4
B41.1	PH 41.1	41+242	0,03	166	886	99,00	94,00	0,17	99,00	94,00	0,030	9	6	10	Racional	3	99,89	0,54	0,5			0,6
B42.1	PH 42.1	42+019	0,08	165	1 531	99,00	96,00	0,17	99,00	96,00	0,018	10	6	10	Racional	8	99,89	0,50	1,1			1,2
B42.2	PH 42.2	42+967	0,37	364	1 090	115,00	101,50	0,36	115,00	101,50	0,040	15	10	15	Racional	37	75,00	0,50	3,9			4,2
B43.1	PH 43.1	43+612	0,31	770	2 362	125,00	102,00	0,77	118,00	102,00	0,038	27	17	27	Racional	31	49,49	0,50	2,1	2,4		
B44.1	PH/PF 44.1	44+073	0,36	881	2 799	125,00	87,40	0,88	119,00	87,40	0,049	29	18	29	Racional	36	47,06	0,50	2,3	2,6		
B44.2	PH 44.2	44+488	0,05	300	962	108,00	89,00	0,30	108,00	89,00	0,063	12	8	12	Racional	5	87,81	0,50	0,6	0,6		
B44.3*	Ponte sobre a Rib.ª da Remôlha		10,73	5 930	17 283	311,00	70,50	5,93	290,00	70,50	0,030	136	86	111	HUT	1 073	18,22	0,60		19,9		
B46.1*	Viaduto sobre a A29/IC1 (Rib.ª de Beire)		10,73	5 730	16 534	254,00	62,00	5,73	230,00	62,00	0,027	135	86	110	HUT	1 073	18,33	0,60		20,1		
B48.1	PH 48.1	48+049	0,10	325	1 334	105,90	99,30	0,33	105,90	99,30	0,020	16	10	16	Racional	10	71,65	0,60	1,2	1,4		
B48.2	PH 48.2	48+474	0,07	960	1 280	100,70	98,40	0,96	100,70	98,40	0,002	55	35	55	Racional	7	29,93	0,60	0,4	0,4		
B49.1*	Ponte sobre a Rib.ª de Rio Maior		0,63	521	4 080	103,00	71,00	0,52	100,30	71,00	0,034	21	13	21	Racional	63	59,12	0,60	6,2	6,8		

* Consultar Estudo Hidrológico específico da Obra de Arte

Quadro 7– Cálculo Hidrológico (T=5 anos)

Bacia								Linha de Água			Tempo Concentração				Formula Racional Modificada				Diagrama Unitário (HUT)		Caudal Alt. Clim.			
	PH	Localização	A (km²)	Comprimento da Bacia (m)	Perimetro (m)	Altitude		L (km)	Cota		Declive médio	Temez min	USC min		Adotado min	Metodo	A (ha)	I (mm/h)	C	Q (m³/s)	ta (h)	Q (m³/s)	K (Alt. Climatic)	Q (m³/s)
						Máxima	Mínima		Máxima	Mínima														
B33.1	PH/PF 33.1	33+352	4,30	4 319	11 194	208,00	68,90	4,32	194,00	68,90	0,031	106	67	106	Racional	430	14,96	0,50	8,9				9,8	
B34.1	PH/PF 33.2	34+470	9,88	5 381	15 122	265,00	53,90	5,38	197,00	53,90	0,032	124	79	124	Racional	988	13,44	0,50	18,4				20,3	
B35.1	PH/PF 35.1	35+551	2,30	3 636	8 694	179,00	73,30	3,64	150,00	73,30	0,033	92	59	92	Racional	230	16,48	0,50	5,3				5,8	
B36.1	PH/PF 36.1	36+153	0,32	950	2 724	105,00	79,50	0,95	88,30	79,50	0,057	30	19	30	Racional	32	35,43	0,50	1,6				1,7	
B36.2	PH/PF 36.2	36+648	0,92	1 742	4 641	135,00	78,60	1,74	130,00	78,60	0,034	52	33	52	Racional	92	24,34	0,50	3,1				3,4	
B36.3	PH/PI 36.3	36+923	0,08	481	1 312	98,00	83,40	0,48	98,00	83,40	0,030	20	13	20	Racional	8	46,74	0,50	0,5				0,5	
B37.1	PH 37.1	37+203	0,71	1 395	3 957	128,00	80,40	1,40	99,00	80,40	0,070	38	24	38	Racional	71	30,15	0,50	3,0				3,3	
B37.2	PH 37.2	37+610	0,08	335	1 174	95,00	84,80	0,34	95,00	84,80	0,030	15	10	15	Racional	8	56,88	0,50	0,6				0,7	
B37.3	PH 37.3	37+888	0,39	1 250	3 144	120,00	82,30	1,25	99,00	82,30	0,048	38	24	38	Racional	39	30,15	0,50	1,6				1,8	
B38.1*	Ponte sobre a Rib.ª da Graça		11,10	5 516	15 279	262,00	54,80	5,52	245,00	54,80	0,029	129	82	106	HUT	1 110	14,96	0,52		1,177	19,6		21,6	
B39.1	PH 39.1	39+019	1,52	2 675	6 758	143,00	78,30	2,68	128,00	78,30	0,027	75	48	75	Racional	152	18,95	0,50	4,0				4,4	
B39.2	PH 39.2	39+750	0,08	235	1 163	91,00	77,40	0,24	91,00	77,40	0,058	10	7	10	Racional	8	75,04	0,50	0,8				0,9	
B39.3	PH 39.3	39+825	0,02	137	576	85,50	79,60	0,14	85,50	79,60	0,043	7	5	10	Racional	2	75,04	0,50	0,2				0,2	
B40.1*	Ponte sobre a Rib.ª de S.João		18,22	7 665	20 685	300,00	50,00	7,67	276,00	50,00	0,023	174	111	142	HUT	1 822	12,25	0,60		1,577	24,0	1,10	26,4	
B40.2	PH 40.2	40+399	0,05	395	1 155	102,00	78,00	0,40	92,50	78,00	0,137	13	8	13	Racional	5	62,73	0,50	0,4				0,4	
B40.3*	Pontr Rib.ª de Caster		8,94	5 440	14 672	209,00	59,30	5,44	150,00	59,30	0,022	135	86	135	Racional	894	12,68	0,54	17,0				18,7	
B41.1	PH 41.1	41+242	0,03	166	886	99,00	94,00	0,17	99,00	94,00	0,030	9	6	10	Racional	3	75,04	0,54	0,4				0,4	
B42.1	PH 42.1	42+019	0,08	165	1 531	99,00	96,00	0,17	99,00	96,00	0,018	10	6	10	Racional	8	75,04	0,50	0,8				0,9	
B42.2	PH 42.2	42+967	0,37	364	1 090	115,00	101,50	0,36	115,00	101,50	0,040	15	10	15	Racional	37	56,88	0,50	2,9				3,2	
B43.1	PH 43.1	43+612	0,31	770	2 362	125,00	102,00	0,77	118,00	102,00	0,038	27	17	27	Racional	31	38,08	0,50	1,7				1,8	
B44.1	PH/PF 44.1	44+073	0,36	881	2 799	125,00	87,40	0,88	119,00	87,40	0,049	29	18	29	Racional	36	36,26	0,50	1,8				2,0	
B44.2	PH 44.2	44+488	0,05	300	962	108,00	89,00	0,30	108,00	89,00	0,063	12	8	12	Racional	5	66,25	0,50	0,4				0,5	
B44.3*	Ponte sobre a Rib.ª da Remôlha		10,73	5 930	17 283	311,00	70,50	5,93	290,00	70,50	0,030	136	86	111	HUT	1 073	14,50	0,60		1,233	18,1		19,9	
B46.1*	Viaduto sobre a A29/IC1 (Rib.ª de Beire)		10,73	5 730	16 534	254,00	62,00	5,73	230,00	62,00	0,027	135	86	110	HUT	1 073	14,59	0,60		1,222	18,3		20,1	
B48.1	PH 48.1	48+049	0,10	325	1 334	105,90	99,30	0,33	105,90	99,30	0,020	16	10	16	Racional	10	54,43	0,60	0,9				1,0	
B48.2	PH 48.2	48+474	0,07	960	1 280	100,70	98,40	0,96	100,70	98,40	0,002	55	35	10	Racional	7	75,04	0,60	0,9				1,0	
B49.1*	Ponte sobre a Rib.ª de Rio Maior		0,63	521	4 080	103,00	71,00	0,52	100,30	71,00	0,034	21	13	21	Racional	63	45,21	0,60	4,7				5,2	

* Consultar Estudo Hidrológico específico da Obra de Arte

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal como foi descrito anteriormente, o estudo hidrológico desenvolvido, teve por objetivo principal definir as bacias associadas às travessias da via férrea efetuadas através de PH's correntes e especiais com secções de vazão inferiores a 20 m².

Os cálculos dos caudais de acordo com os pressupostos de base explanados são sintetizados nos quadros apresentados anteriormente.

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 para as Regiões Hidrográficas em estudo RH3 e RH4A, no "Plano de Gestão dos Riscos de Inundações", da Agência Portuguesa do Ambiente, de março de 2019.

7 BIBLIOGRAFIA

Claudia Brandão, Rui Rodrigues e Joaquim Pinto da Costa (2001) – “*Análise de Fenómenos extremos – Precipitações Intensas em Portugal Continental*” – Direção dos Serviços de Recursos Hídricos.

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (<http://snirh.pt/>)

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<http://www.ipma.pt/>)

Portal do Clima – Alterações climáticas em Portugal (<http://www.portaldoclima.pt/>)

SNIAmb – Sistema Nacional de informação de Ambiente (<https://sniamb.apambiente.pt/>)

d.gTeritório – Direção-Geral do Território (<https://smos.dgterritorio.gov.pt/coscid/>)

APA - Agência Portuguesa do Ambiente - Plano de Gestão dos Riscos de Inundações – PGRI: Região Hidrográfica do Douro – RH3 e Região Hidrográfica do Vouga, Mondego e Lis – RH4A, março de 2019 (<https://apambiente.pt/>)

Nota informativa:

A presente publicação é da exclusiva responsabilidade do autor. A União Europeia não se responsabiliza pela eventual utilização das informações nela contidas.

[illegible]

