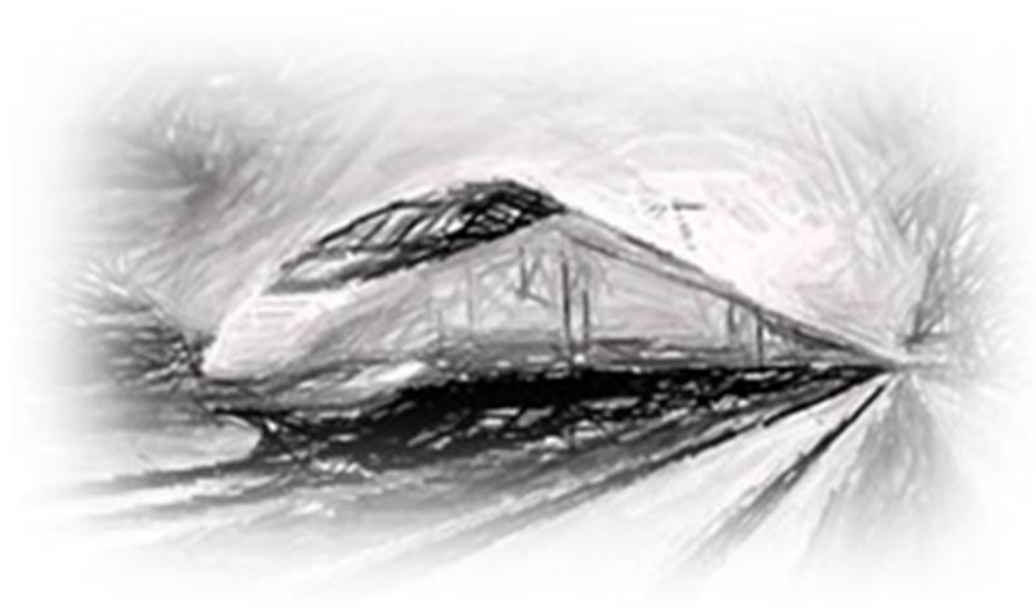


# **LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA**

**TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ**

**SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+563**



## **PROJETO DE EXECUÇÃO**

### **V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA**

#### **TOMO 01.02 – DRENAGEM**

Memória Descritiva e Justificativa

**Controlo de Assinaturas**

| Realizado         | Revisto           | Aprovado Coordenador Projeto |
|-------------------|-------------------|------------------------------|
| José Duarte       | 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<br>-        | Código Documento<br>PF102A4.PR.01.02.00.00.MDJ.01 |                    |
| O Responsável Unidade<br>-      | Revisão<br>01                                     | Data<br>30-04-2026 |
| O Responsável Departamento<br>- | Código Projetista<br>-                            |                    |
| O Diretor<br>-                  | Nome do Ficheiro<br>PF102A4.PR.01.02.00.00.MDJ.01 |                    |

## Registo de Alterações

| Rev | Data       | Autor       | Secção Afetada | Alterações          |
|-----|------------|-------------|----------------|---------------------|
| 00  | 14-08-2025 | José Duarte | Edição inicial | -----               |
| 01  | 30-04-2026 | José Duarte | Revisão Geral  | Cap.1, 2.2, 2.3 e 3 |
|     |            |             |                |                     |
|     |            |             |                |                     |
|     |            |             |                |                     |
|     |            |             |                |                     |
|     |            |             |                |                     |
|     |            |             |                |                     |
|     |            |             |                |                     |

**LINHA FERROVIÁRIA DE ALTA VELOCIDADE ENTRE PORTO (CAMPANHÃ) E LISBOA****TROÇO PORTO (CAMPANHÃ) A OIÃ****SUBTROÇO A4 – KM 49+900 AO KM 69+563****PROJETO DE EXECUÇÃO****V01 – INFRA-ESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA FÉRREA****TOMO 01.02 – DRENAGEM****MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA****ÍNDICE**

|            |                                                                 |           |
|------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                         | <b>1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>DRENAGEM TRANSVERSAL .....</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Determinação Dos Caudais De Ponta De Cheia .....</b>         | <b>3</b>  |
| 2.1.1      | Tempo de concentração .....                                     | 3         |
| 2.1.2      | Coeficiente de escoamento .....                                 | 4         |
| 2.1.3      | Número de escoamento (CN) .....                                 | 5         |
| 2.1.4      | Precipitações intensas de curta duração. Curvas IDF .....       | 10        |
| 2.1.5      | Período de retorno .....                                        | 11        |
| 2.1.6      | Caudais de cálculo .....                                        | 11        |
| 2.1.7      | Alterações climáticas .....                                     | 13        |
| <b>2.2</b> | <b>Resultados obtidos .....</b>                                 | <b>13</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Determinação das secções das Passagens Hidráulicas .....</b> | <b>14</b> |
| 2.3.1      | Passagens de Fauna .....                                        | 16        |
| 2.3.2      | Proteção de taludes em enrocamento .....                        | 16        |
| <b>3</b>   | <b>DRENAGEM LONGITUDINAL .....</b>                              | <b>17</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Critérios de dimensionamento .....</b>                       | <b>18</b> |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|                                                                                                                                            |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Figura 1 – Zona de Intervenção .....                                                                                                       | 2 |
| Figura 2 – Coeficientes de Escoamento para Portugal Continental (fonte: SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) ..... | 5 |
| Figura 3 – Classificação Hidrológica do solo segundo o SCS (fonte: <i>Atlas da água</i> ) .....                                            | 6 |
| Figura 4 – Uso do solo CORINE - Land Cover 2020 (fonte: SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos) .....                 | 7 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Valores do coeficiente C da fórmula racional (adaptado de Chow et al., 1988) .....                              | 4  |
| Quadro 2 – Número de escoamento para regiões rurais, para AMC II (adaptado de SCS, 1973) .....                             | 8  |
| Quadro 3 – Correção do número de escoamento em função da condição antecedente de<br>humidade (adaptado de SCS, 1973) ..... | 9  |
| Quadro 4 – Parâmetros das curvas IDF para o Posto Udográfico de Aveiro (T=100 Anos) .....                                  | 11 |
| Quadro 5 – Caudais de cheia associados a cada passagem hidráulica .....                                                    | 14 |
| Quadro 6 – Características das Passagens Hidráulicas .....                                                                 | 15 |

## 1 INTRODUÇÃO

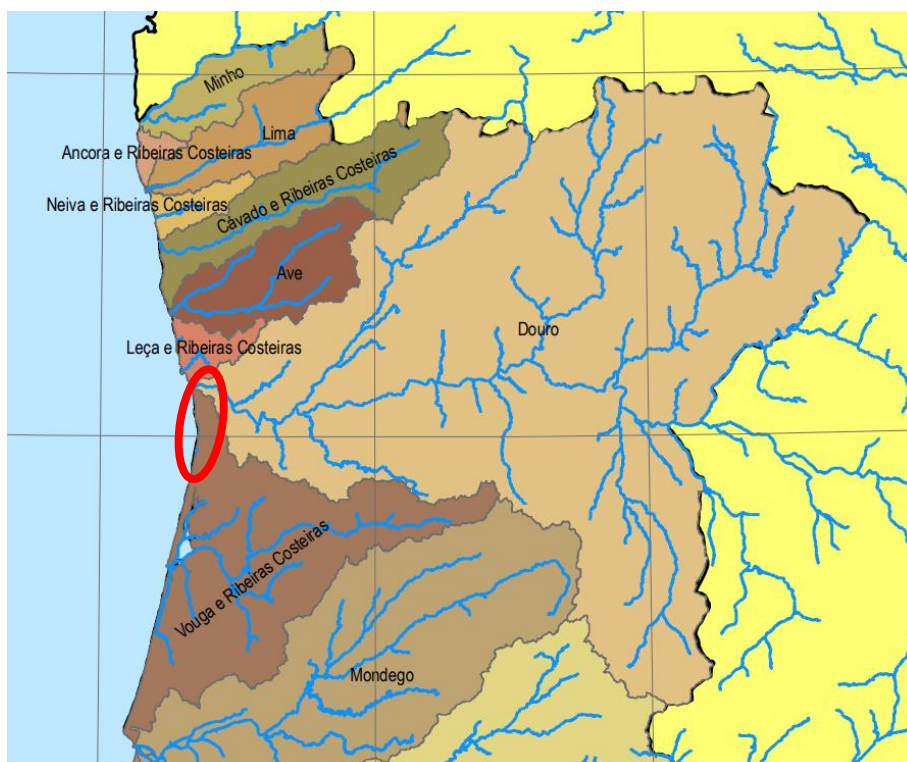
Em agosto de 2025 foi entregue uma primeira versão deste estudo para apreciação pela autoridade de AIA, a Agência Portuguesa do Ambiente, que no âmbito da Decisão sobre a Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (DCAPE), emitida a 29/12/2025, declarou a não conformidade ambiental do projeto em face das alterações apresentadas constituírem soluções distintas das aprovadas em estudo prévio, extravasando o âmbito formal e material do procedimento, sendo como tal necessária a sua reformulação à luz da DIA.

Este documento constitui a Memória Descritiva do capítulo de Drenagem, da zona que 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 20km, nomeadamente entre os PK49+900 e PK69+563.

Neste documento pretende-se efetuar um pequeno resumo dos métodos de cálculo de estimativa dos caudais de ponta para as principais obras de drenagem que fazem a transposição da linha férrea em estudo, e apresentar um pré-dimensionamento das obras hidráulicas previstas.

O estudo hidrológico que serve de base a este documento, consta no Volume 01 – Tomo01.08, e é nele que se identificam as principais linhas de água a transpor, que se encontram delimitadas as bacias hidrográficas que fornecem os dados para a estimativa de caudais que originam o pré-dimensionamento das estruturas hidráulicas, e onde se faz a descrição pormenorizada e se justificam as metodologias de cálculo adotadas.

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.

## 2 DRENAGEM TRANSVERSAL

### 2.1 DETERMINAÇÃO DOS CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA

#### 2.1.1 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 km<sup>2</sup> 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)



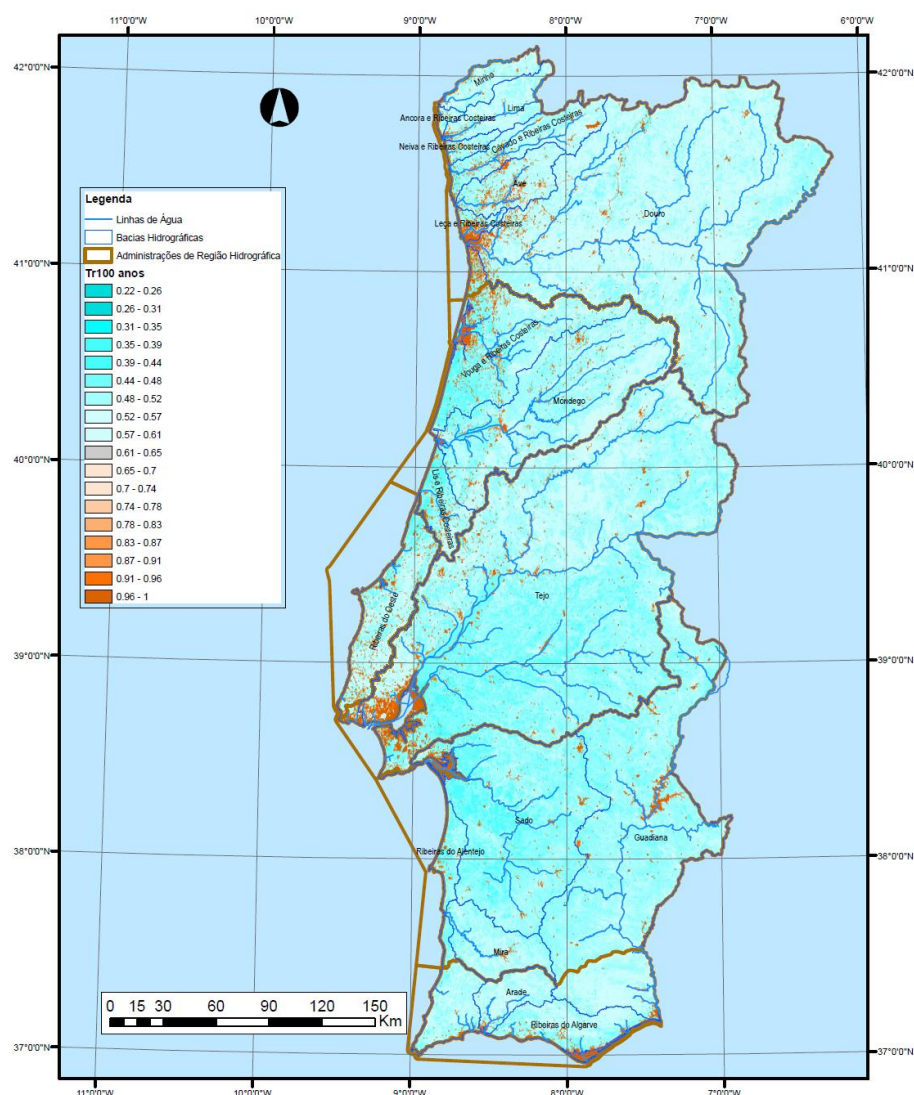
### 2.1.2 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

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  |
| <b>Zona urbana</b>            |                                |      |      |      |      |      |      |
| 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 |
| <b>Zona não urbana</b>        |                                |      |      |      |      |      |      |
| 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 2 – 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.

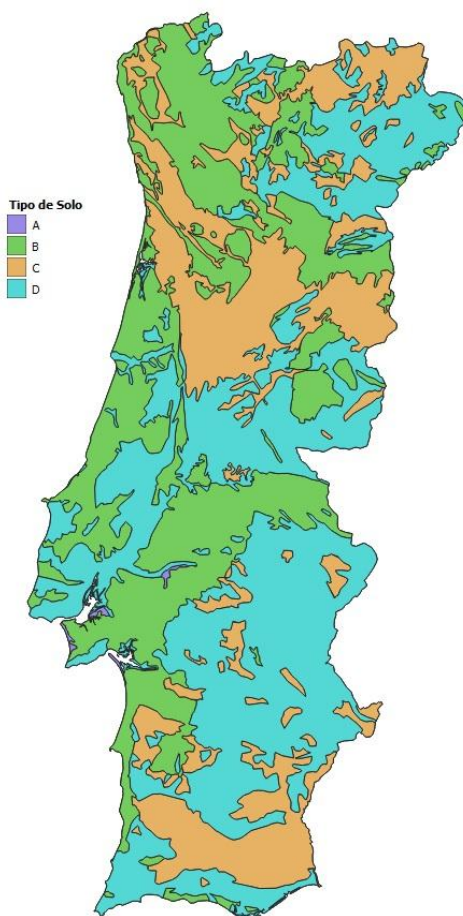
### 2.1.3 NÚMERO DE ESCOAMENTO (CN)

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 3 – 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 4 – 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.

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

#### 2.1.4 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        |

### 2.1.5 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 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.

### 2.1.6 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  $A > 10 \text{ km}^2$ .

#### 2.1.6.1 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 ( $mm/h$ )

### 2.1.6.2 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.

### 2.1.7 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.

## 2.2 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 necessária.

**Quadro 5 – Caudais de cheia associados a cada passagem hidráulica**

| Bacia nº | Localização de Referência (km)   | Área A <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> ) | Área < 10 km <sup>2</sup> | L <sub>b</sub> (km) | Cotas (m) |         | H (m) | Declive (%) | Temez Tc calc (min) | Corps Engineers Tc calc (min) | CN AMC III | Tc Adotado (min) |
|----------|----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------|---------|-------|-------------|---------------------|-------------------------------|------------|------------------|
|          |                                  |                                        |                           |                     | Montante  | Jusante |       |             |                     |                               |            |                  |
| 50+675   | 50+675                           | 0.043                                  | Racional                  | 0.00                | 73.70     | 73.70   | 0.0   | -           | -                   | -                             | -          | 10.0             |
| 51+100   | PONTE RIBEIRA SENHORA DE LAMAS   |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |
| 51+864   | 51+864                           | 0.052                                  | Racional                  | 0.00                | 63.20     | 63.20   | 0.0   | -           | -                   | -                             | -          | 10.0             |
| 52+175   | PONTE RIBEIRA SENHORA DE SILVADE |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |
| 54+411   | 54+411                           | 0.410                                  | Racional                  | 0.52                | 97.00     | 62.20   | 34.8  | 7%          | 18.9                | -                             | -          | 18.9             |
| 54+645   | 54+645                           | 7.284                                  | Racional                  | 5.22                | 226.00    | 55.86   | 170.1 | 3%          | 121.0               | -                             | -          | 121.0            |
| 55+910   | TUNEL DE CASALDEITA              |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |
| 57+500   | 57+500                           | 4.379                                  | Racional                  | 3.90                | 220.00    | 74.50   | 145.5 | 4%          | 96.0                | -                             | -          | 96.0             |
| 57+962   | 57+962                           | 3.943                                  | Racional                  | 4.33                | 189.00    | 70.00   | 119.0 | 3%          | 108.9               | -                             | -          | 108.9            |
| 58+140   | 58+140                           | 0.507                                  | Racional                  | 0.87                | 116.00    | 78.00   | 38.0  | 4%          | 29.4                | -                             | -          | 29.4             |
| 58+772   | 58+772                           | 0.046                                  | Racional                  | 0.00                | 84.00     | 84.00   | 0.0   | -           | -                   | -                             | -          | 10.0             |
| 58+939   | 58+939                           | 3.695                                  | Racional                  | 3.09                | 187.00    | 83.00   | 104.0 | 3%          | 80.6                | -                             | -          | 80.6             |
| 60+025   | TUNEL DE NEGRELOS 1              |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |
| 60+975   | TUNEL DE NEGRELOS 1              |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |
| 61+452   | 61+452                           | 3.413                                  | Racional                  | 2.12                | 206.00    | 95.00   | 111.0 | 5%          | 55.7                | -                             | -          | 55.7             |
| 62+892   | 62+892                           | 0.165                                  | Racional                  | 0.00                | 105.00    | 105.00  | 0.0   | -           | -                   | -                             | -          | 10.0             |
| 63+525   | VIADUTO PEDREIRA DAS LAJES       |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |
| 64+425   | 64+425                           | 1.945                                  | Racional                  | 1.78                | 195.00    | 95.00   | 100.0 | 6%          | 48.1                | -                             | -          | 48.1             |
| 67+990   | TUNEL DE VILA NOVA DE GAIA       |                                        |                           |                     |           |         |       |             |                     |                               |            |                  |

| Bacia nº | Coef. Esc. (C)<br>Tabela de Ven Te Chow | Parâmetros das curvas<br>IDF, T=100 anos |       | Intensidade<br>T=100 anos<br>(mm/h) | Q (T=100 anos)<br>Método Racional<br>(m <sup>3</sup> /s) | Q (T=100 anos)<br>HUT<br>(m <sup>3</sup> /s) | Caudais<br>Considerando as<br>alterações<br>climáticas (m <sup>3</sup> /s) |
|----------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|          |                                         | a                                        | b     |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 50+675   | 0.51                                    | 336.53                                   | -0.53 | 99.09                               | 0.60                                                     | -                                            | 0.66                                                                       |
| 51+100   | PONTE RIBEIRA SENHORA DE LAMAS          |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 51+864   | 0.55                                    | 336.53                                   | -0.53 | 99.09                               | 0.79                                                     | -                                            | 0.87                                                                       |
| 52+175   | PONTE RIBEIRA SENHORA DE SILVADE        |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 54+411   | 0.53                                    | 336.53                                   | -0.53 | 70.67                               | 4.27                                                     | -                                            | 4.69                                                                       |
| 54+645   | 0.66                                    | 677.67                                   | -0.73 | 20.94                               | 27.97                                                    | -                                            | 30.76                                                                      |
| 55+910   | TUNEL DE CASALDEITA                     |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 57+500   | 0.65                                    | 677.67                                   | -0.73 | 24.77                               | 19.58                                                    | -                                            | 21.54                                                                      |
| 57+962   | 0.65                                    | 677.67                                   | -0.73 | 22.66                               | 16.09                                                    | -                                            | 17.70                                                                      |
| 58+140   | 0.61                                    | 336.53                                   | -0.53 | 55.89                               | 4.80                                                     | -                                            | 5.28                                                                       |
| 58+772   | 0.49                                    | 336.53                                   | -0.53 | 99.09                               | 0.62                                                     | -                                            | 0.69                                                                       |
| 58+939   | 0.67                                    | 677.67                                   | -0.73 | 28.11                               | 19.34                                                    | -                                            | 21.27                                                                      |
| 60+025   | TUNEL DE NEGRELOS 1                     |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 60+975   | TUNEL DE NEGRELOS 1                     |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 61+452   | 0.67                                    | 677.67                                   | -0.73 | 36.75                               | 23.35                                                    | -                                            | 25.68                                                                      |
| 62+892   | 0.60                                    | 336.53                                   | -0.53 | 99.09                               | 2.72                                                     | -                                            | 2.99                                                                       |
| 63+525   | VIADUTO PEDREIRA DAS LAJES              |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |
| 64+425   | 0.56                                    | 677.67                                   | -0.73 | 40.88                               | 12.30                                                    | -                                            | 13.53                                                                      |
| 67+990   | TUNEL DE VILA NOVA DE GAIA              |                                          |       |                                     |                                                          |                                              |                                                                            |

## 2.3 DETERMINAÇÃO DAS SECÇÕES DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS

As passagens hidráulicas terão, preferencialmente secções uniformizadas. Propõe-se a utilização de passagens circulares de diâmetro 1.50m e quadradas de secção 2.0 x 2.0, 2.5 x 2.5 e 3.0 x 3.0. Com o objetivo de facilitar a manutenção das passagens hidráulicas, a secção mínima será, sempre que viável, 1.50m. Contudo em 3 casos optou-se pela utilização de secções de geometria diferente:

- Na PH 54.2 prevê-se a utilização de uma secção de 4.0m de largura por 3.0m de altura, para permitir que esta sirva também de passagem de fauna.
- Na PH 58.3 prevê-se a utilização de uma secção de 3.5m de largura por 2.5m de altura para reduzir a profundidade e extensão do canal de restituição a jusante a PH.
- Na PH 64.1 prevê-se a utilização de uma secção de 3.0m de largura por 2.0m de altura para reduzir a profundidade e extensão do canal de restituição a jusante a PH.

A verificação será efetuada tendo em consideração a secção transversal da passagem hidráulica, o seu comprimento e inclinação, e ainda as condições de submersão à entrada e à saída, o tipo de escoamento na passagem e respetivo controlo (a montante ou jusante), as formas de entrada e saída, e na eventual presença de ressalto hidráulico, a sua localização, isto é, se ocorre no interior ou a jusante da passagem hidráulica. Salvo casos excecionais e devidamente justificados, a inclinação mínima das passagens hidráulicas não deverá ser inferior a 0.5%. Permitiu-se em alguns casos baixar deste valor, de modo a reduzir a velocidade do escoamento à saída da PH.

A verificação foi efetuada através do software americano HY-8 - 7.60, desenvolvido pela FHWA (Federal Highway Administration) em cooperação com a Aquaveo (LLC) e o Environmental Modeling Research Laboratory. Este software automatiza o procedimento de cálculo de passagens hidráulicas descrito no documento Hydraulic Design Series (HDS) nº 5, desenvolvido pela FHWA, e amplamente utilizado.

Como critério base para a verificação da capacidade hidráulica dos aquedutos, deverão ser garantidas as seguintes condições:

- $Hw/D \leq 1.35m$  e de  $h_u / D \leq 0.80m$ ;
- Folga mínima entre a HW e a base do balastro de 1 metro.

Os níveis de água obtidos a montante de cada passagem hidráulica serão coordenados com as especialidades de geotecnia/terraplenagens, de modo a avaliar a necessidade de implementar medidas de proteção contra a percolação, evitando-se assim a criação de caminhos preferenciais que possam causar a destabilização dos aterros.

Em todas as passagens é realizada uma análise das condições de saída e da eventual necessidade colocação de estruturas de dissipação de energia adequadas.

Com base nestes critérios obtiveram-se as seguintes dimensões para as passagens hidráulicas.

**Quadro 6 – Características das Passagens Hidráulicas**

| Passagem Hidráulica | Localização | Secção Proposta | Caudal Considerando Alterações Climáticas (m <sup>3</sup> /s) | Comprimento (m) | Inclinação (%) | Cota ao Eixo (m) | Cota da Rasante (m) | Altura de Água a Montante (m) | Altura uniforme (m) | Folga à base do Balastro > 1m | Hw/D < 1.35 | Hu/D < 0.8 | Subida de água acima do topo de PH (m) | Velocidade de Saída (m/s) | Observações       |
|---------------------|-------------|-----------------|---------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------|------------|----------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| PHR 50.1            | 50+675.4    | 1 Φ 1.50        | 0.66                                                          | 27              | 5.63           | 72.61            | 78.33               | 0.54                          | 0.2                 | 3.46                          | 0.36        | 0.13       | -                                      | 4.46                      |                   |
| PHR 51.1            | 51+863.6    | 1 Φ 1.50        | 0.87                                                          | 20              | 0.50           | 62.71            | 66.38               | 0.65                          | 0.41                | 2.05                          | 0.43        | 0.27       | -                                      | 2.19                      |                   |
| PH 54.1             | 54+410.65   | 1 Φ 1.50        | 4.69                                                          | 22              | 0.53           | 58.77            | 64.55               | 1.92                          | 1.05                | 2.85                          | 1.28        | 0.70       | 0.42                                   | 3.49                      |                   |
| PH 54.2             | 54+644.6    | BC 4.0 x 3.0    | 30.76                                                         | 60              | 0.40           | 55.73            | 65.60               | 3.34                          | 1.98                | 5.63                          | 1.11        | 0.66       | 0.34                                   | 4.59                      | PASSAGEM DE FAUNA |
| PH 57.1             | 57+499.6    | BC 3.0 x 3.0    | 21.54                                                         | 21              | 0.50           | 72.94            | 78.45               | 2.94                          | 1.48                | 1.57                          | 0.98        | 0.49       | -                                      | 4.53                      |                   |
| PH 57.2             | 57+961.6    | BC 3.0 x 3.0    | 17.7                                                          | 40              | 0.50           | 70.22            | 80.54               | 2.70                          | 1.68                | 6.57                          | 0.90        | 0.56       | -                                      | 4.27                      | PASSAGEM DE FAUNA |
| PH 58.1             | 58+139.6    | BC 2.0 x 2.0    | 5.28                                                          | 19              | 0.50           | 77.22            | 81.33               | 1.51                          | 0.78                | 1.59                          | 0.75        | 0.39       | -                                      | 3.28                      |                   |
| PHR 58.2            | 58+771.6    | 1 Φ 1.50        | 0.69                                                          | 17              | 1.00           | 80.53            | 84.17               | 0.57                          | 0.3                 | 2.03                          | 0.38        | 0.20       | -                                      | 2.46                      |                   |
| PH 58.3             | 58+939      | BC 3.5 x 2.5    | 21.27                                                         | 46              | 0.50           | 80.19            | 84.92               | 2.64                          | 1.26                | 1.10                          | 1.06        | 0.50       | 0.14                                   | 4.53                      |                   |
| PH 61.1             | 61+451.5    | BC 3.0 x 3.0    | 25.68                                                         | 22              | 0.40           | 89.97            | 95.41               | 3.34                          | 1.84                | 1.10                          | 1.11        | 0.61       | 0.34                                   | 4.58                      |                   |
| PHR 62.1            | 62+891.7    | 1 Φ 1.50        | 2.99                                                          | 19              | 0.50           | 101.76           | 105.34              | 1.36                          | 0.75                | 1.24                          | 0.91        | 0.50       | -                                      | 3.03                      |                   |
| PH 64.1             | 64+424.7    | BC 3.0 x 2.0    | 13.53                                                         | 34              | 0.50           | 89.00            | 96.14               | 2.17                          | 1.05                | 3.91                          | 1.09        | 0.53       | 0.17                                   | 4.05                      |                   |

Algumas passagens hidráulicas tiveram de ser implantadas em zonas de escavação, o que obriga à criação de canais de restituição a jusante. Destacam-se as seguintes passagens hidráulicas pela importância da linha de água e extensão do canal de restituição:

- PH 58.3 - requer a instalação de um canal de restituição com cerca de 385 m de extensão;
- PH 61.1 - requer a instalação de um canal de restituição com cerca de 875 m de extensão;
- PH 64.1 - requer a instalação de um canal de restituição com cerca de 200 m de extensão.

### **2.3.1** PASSAGENS DE FAUNA

No caso das passagens de fauna será considerado um passeio seco no interior da PH, com soleira de largura igual a 30% da secção da estrutura considerada. Este passeio seco será implantado a uma cota superior ao nível de máxima cheia prevista para um período de retorno de 5 anos. À saída e à entrada destas passagens de fauna o passeio seco terá de sofrer uma transição gradual com uma inclinação sempre inferior a 30°, até encontrar o terreno natural, com recurso a rampas para vencer os desníveis.

### **2.3.2** PROTEÇÃO DE TALUDES EM ENROCAMENTO

tendo por base a necessidade de proteger e estabilizar o paramento dos taludes de aterro em zonas de previsível ocorrência de cheia, está prevista a colocação de proteções em enrocamento no paramento do aterro, a montante das PH's. A altura desta proteção e a sua extensão (para cada um dos lados) é definida com base na cota de cheia para T=100 anos.

### 3 DRENAGEM LONGITUDINAL

A drenagem longitudinal permite a captação e o encaminhamento das águas que acedem à plataforma da via-férrea, provenientes quer das escorrências sobre os taludes e das encostas adjacentes, quer de níveis freáticos elevados.

Esta rede de drenagem longitudinal deverá ser constituída pelos seguintes órgãos, cujos caudais recolhidos serão posteriormente devolvidos ao sistema de drenagem natural:

- Na generalidade, em zona de escavação será colocada, no bordo da plataforma, uma valeta trapezoidal revestida de betão. No entanto em alguns trechos poderá ser considerada uma valeta reduzida em betão que na eventualidade de esgotar a sua capacidade, os caudais serão conduzidos longitudinalmente por coletores que poderão ser drenantes em PVC. Desta forma serão colocadas caixas de visita com tampa sumidoura que irão recolher esses caudais. Para possibilitar a inspeção e limpeza dos coletores, a distância média a adotar entre caixas de visita deverá ser de 60m, não devendo esta distância exceder os 75m;
- Em zonas de escavação serão previstas valas de crista de talude trapezoidais em betão ou de secção semicircular, que irão impedir a erosão dos taludes e o acesso das águas superficiais exteriores à plataforma;
- Valetas de banquetas em escavação constituídas por meias-canais de betão, ou de secção trapezoidal, de acordo com o caudal a conduzir. As valetas serão colocadas na referida banquetas junto ao pé do talude que lhe fica imediatamente acima, e estarão ligadas às valas de crista por intermédio de caixas de betão, dando assim saída às águas por elas coletadas;
- Na base dos aterros serão previstas valas de pé de talude trapezoidais de betão ou não revestidas, com a função de proteção dos aterros e com o objetivo de conduzir os caudais até às linhas de água mais próximas;
- Descidas de talude, semicirculares em betão ou trapezoidais, que permitam a descida das águas pelos taludes de escavação;
- Coletores em betão que permitam a recolha de água provenientes da plataforma ou de outros órgãos de drenagem e o seu encaminhamento até ao ponto de descarga;
- Caixas de ligação, que possam permitir a junção de diferentes órgãos de drenagem;
- Bocas em aterro, que auxiliam a condução das águas à saída dos coletores e drenos que descarregam para o terreno;
- Órgãos de dissipação de energia em betão armado a colocar a jusante de alguns órgãos de drenagem, de forma a controlar os efeitos erosivos;
- Caso o traçado de via o determine, poderá ser colocado um dreno central em material britado envolvido em geotêxtil com tubo em PVC 200mm, colocado sob a plataforma, de modo a recolher e conduzir a água infiltrada na via balastrada, proporcionando um caminho e escoamento eficaz para as águas subterrâneas. Deverá seguir o especificado na de acordo com IT.GEO.004.01.
- De acordo com os materiais, geometria e altura dos aterros, deverá ser avaliada a necessidade de valetas de bordadura e justificada a sua dispensabilidade.

- No emboquilhamento dos túneis e no acesso a pontes e viadutos deverão ser previstas saídas laterais para o meio recetor, de modo a reduzir ao mínimo a quantidade de caudal que aflui a estas infraestruturas.

Em alguns locais, nomeadamente no emboquilhamento dos túneis, foram previstos troços em contra pendente para reduzir o caudal afluente ao interior dos túneis. Para tal previu-se a instalação de canais retangulares de secção variável nos troços iniciais, seguidos de redes de coletores nas zonas de maior profundidade. Destacam-se os seguintes casos:

- Na entrada sul do Túnel de Cassufas: 394m em contra pendente;
- Na entrada norte do Túnel da A41: 197m em contra pendente;
- Na entrada norte do Túnel de Negrelos 1: 243m em contra pendente;
- Na entrada sul do Túnel de Gaia: 271m em contra pendente;
- Na entrada norte do Túnel de Gaia: 101m em contra pendente.

### 3.1 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Para determinar a capacidade de vazão das valas, valetas e eventuais coletores, será utilizada a fórmula de Manning-Strickler, considerando secção cheia:

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

onde:

Q — Caudal (m<sup>3</sup>/s)

K — Coeficiente da fórmula de Manning-Strickler (m<sup>1/3</sup>/s)

S — Área de escoamento (m<sup>2</sup>)

R<sub>h</sub> — Raio hidráulico (m)

i — Inclinação do órgão de drenagem (m/m)

Os coeficientes de rugosidade serão os seguintes:

- K=75 m<sup>1/3</sup>/s para órgãos revestidos a betão;
- K=100 m<sup>1/3</sup>/s para órgãos em PVC;
- K=45 m<sup>1/3</sup>/s para órgãos revestidos a enrocamento argamassado;
- K=35 m<sup>1/3</sup>/s para órgãos em terra vegetal;



Para a determinação do caudal de dimensionamento de cada uma das estruturas atrás apresentadas deverá recorrer-se à fórmula Racional:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.60}$$

onde:

Q — Caudal de ponta (m<sup>3</sup>/s)

C — Coeficiente de escoamento

I — Intensidade de precipitação (mm/h)

A — Área de influência do órgão de drenagem (km<sup>2</sup>)

Para o dimensionamento dos órgãos de drenagem acima referidos, serão adotados diferentes valores de coeficientes de escoamento, associados aos caudais produzidos pela plataforma (C=0.80), caudais produzidos pelos taludes (C=0.70) e caudais gerados pelos terrenos exteriores, que irão variar de acordo com a ocupação.

Será adotado um Período de retorno de 20 anos e um tempo de concentração de 5 minutos. O posto de referência das curvas IDF será o Posto de Aveiro, cujos parâmetros são a=271.90 e b=-0.531.

Procurar-se-á garantir, sempre que possível, velocidade de escoamento igual ou superior a 0.90m/s e tensão de arrastamento igual ou superior a 3N/m<sup>2</sup>. No caso de coletores de cabeceira, admite-se que este valor possa ser inferior.

A inclinação mínima de drenos e coletores será de 0.5%, podendo excecionalmente usar-se 0.3% (com implantação em coxim de betão).

A Inclinação mínima dos órgãos de drenagem superficiais (valas, valetas, canais...) será 0.2% para valetas revestidas a betão e 0.5% para valetas não revestidas.