

PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000



PROJETO DE EXECUÇÃO V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA TOMO 1.8 – ESTUDO HIDROLÓGICO

Memória Descritiva e Justificativa

Controlo de Assinaturas

Realizado	Revisto	Aprovado Coordenador Projeto
Ana Teresa Dias / Hugo Rocha	Jorge Latas	Manuel Pera Fernandes
19-12-2024	19-12-2024	19-12-2024
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 Elisabete Moreira de Oliveira Pino	Código Documento PF0223.PE.01.08.00.00.MDJ.00.docx	
O Responsável Unidade	Revisão 00	Data 19-12-2024
O Responsável Departamento	Código Projetista	
O Diretor Pedro Pais	Nome do Ficheiro PF0223.PE.01.08.00.00.MDJ.00.DOCX	

Registo de Alterações

Rev	Data	Autor	Secção Afetada	Alterações
00	19-12-2024	Ana Teresa Dias / Hugo Rocha	Edição inicial	-----

**PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA**

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000

PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE GERAL DO PROJETO

VOLUME 00 – GERAL

Tomo 0.1 – Caracterização Geral do Projeto

Tomo 0.2 – Cartografia e Topografia

Tomo 0.3 – PSS e CT

Tomo 0.3.1 – Plano de Segurança e Saúde

Tomo 0.3.2 – Compilação Técnica

Tomo 0.4 – PPGRCD

Tomo 0.5 – SIG

Tomo 0.6 – Interoperabilidade

Tomo 0.6.1 – ETI Infraestrutura

Tomo 0.6.1.01 – Relatório ETI-INF

Tomo 0.6.1.02 – Anexos ETI-INF

Tomo 0.6.2 – Relatório ETI Pessoas de Mobilidade Reduzida

Tomo 0.6.2.01 – Relatório ETI-PMR

Tomo 0.6.2.02 – Anexos ETI-PMR

Tomo 0.6.4 – Relatório ETI Energia

Tomo 0.6.4.01 – Relatório ETI-ENR

Tomo 0.6.4.02 – Anexos ETI-ENR

VOLUME 01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA

Tomo 1.1 – Plataforma da Via

Tomo 1.2 – Drenagem

Tomo 1.3 – Estruturas de Proteção e Estabilização da Plataforma

Tomo 1.4 – Vedações

Tomo 1.5 – Elementos de Proteção Acústica

Tomo 1.6 – Restabelecimentos, Serventias e Caminhos Paralelos

Tomo 1.6.1 – Restabelecimentos

01 – Caminho de Acesso ao Posto de Catenária do Carregado Norte (PK 37+725)

02 – Caminhos junto à Nova Passagem Pedonal em Vila Nova da Rainha
(PK 39+875)

Tomo 1.7 – Geologia e Geotecnia

Tomo 1.8 – Estudo Hidrológico

Tomo 1.9 – Muros de Suporte

VOLUME 02 – INFRAESTRUTURA DE OBRAS DE ARTE (VIA-FÉRREA)

Tomo 2.1 – Pontes

Tomo 2.1.01 – Ponte ao PK 35+368 (PH112/113)

Tomo 2.1.02 – Ponte ao PK 36+060 (PH114/115)

Tomo 2.1.03 – Ponte da Vala do Carregado (PH116 – 36+684 – VA)

Tomo 2.1.04 – Ponte da Vala do Carregado (PH116 – 36+684 – VD)

Tomo 2.1.05 – Ponte Vila Nova da Rainha

Tomo 2.1.06 – Ponte Valverde (PH134/135)

Tomo 2.1.07 – Ponte Pedonal de Vila Nova da Rainha (PK 39+875)

Tomo 2.3 – Viadutos

Tomo 2.3.01 – Viaduto de Vila Nova da Rainha (VD)

Tomo 2.4 – Passagens Hidráulicas

Tomo 2.4.01 – PH 109 (PH da Castanheira – 34+202)

Tomo 2.4.02 – PH 110 (34+517)

Tomo 2.4.03 – PH 117 (36+804)

Tomo 2.4.04 – PH/Galeria (36+847)

Tomo 2.4.05 – PH 118 (37+222)

Tomo 2.4.06 – PH 119 (PH da Regateira – 37+880)

Tomo 2.4.07 – PH 121 (PH das Faias – 37+577)

Tomo 2.4.08 – PH 123 (PH do Rouxinol – 39+346)

Tomo 2.4.09 – PH 127 (41+524)

Tomo 2.4.10 – PH 130 (42+282)

Tomo 2.4.11 – PH 130B (42+815)

Tomo 2.4.12 – PH 130A_1 (43+125)

Tomo 2.4.13 – PH 130A_2 (43+131)

Tomo 2.4.14 – PH da conduta Metálica/Galeria (43+140)

Tomo 2.4.15 – PH 131 (44+171)

Tomo 2.4.16 – PH 132 (PH da Maia – 44+750)

Tomo 2.4.17 – PH com 1,5 m de Vão

Tomo 2.4.17.1 – PH 111, 120, 126A, 128, 129 e 133

Tomo 2.4.17.2 – PH 122 (38+915)

Tomo 2.5 – Passagens Desniveladas

Tomo 2.5.02 – Passagens Superiores Rodoviárias

Tomo 2.5.2.01 – PSR ao PK 46+224 – Estruturas de Proteção

VOLUME 03 – SUPERESTRUTURA DE VIA

VOLUME 05 – SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA DE EXPLORAÇÃO

VOLUME 06 – TELECOMUNICAÇÕES

Tomo 6.1 – Sistemas e Infraestruturas de Telecomunicações

Tomo 6.2 – Sistema de Comunicações Móveis (GSM-R)

Tomo 6.2.1 – Infraestruturas Base do Sistema de Comunicações Móveis (GSM-R)

VOLUME 07 – CATENÁRIA E ENERGIA DE TRAÇÃO

Tomo 7.1 – Catenária

Tomo 7.3 – Retorno de Corrente de Tração, Terras e Proteções

VOLUME 08 – EDIFICAÇÕES

Tomo 8.1 – CRI – Estação de Castanheira do Ribatejo – PK 34+102

Tomo 8.1.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.1.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.2 – CAR – Apeadeiro do Carregado – PK 36+456

Tomo 8.2.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.2.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.2.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.2.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.2.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.2.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.3 – PCC – Posto de Catenária Carregado Norte – PK 37+725

Tomo 8.3.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.3.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.3.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.3.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.3.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.3.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.4 – VNR – Apeadeiro de Vila Nova da Rainha – PK 40+553

Tomo 8.4.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.4.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.4.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.4.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.4.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.4.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.5 – EAZ – Apeadeiro de Espadanal de Azambuja – PK 43+196

Tomo 8.5.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.5.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.5.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.5.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.5.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.5.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.6 – AZA – Estação de Azambuja – PK 46+945

Tomo 8.6.ARQ – Arquitetura

Tomo 8.6.EST – Fundações e Estruturas

Tomo 8.6.PAI – Arquitetura Paisagística e Arranjos Exteriores

Tomo 8.6.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.6.TEL – Instalações de Telecomunicações

Tomo 8.6.AEG – Águas e Esgotos

Tomo 8.7 – Demolições/Desativação de Edificações

Tomo 8.7.GER – Geral

Tomo 8.7.ESP – Instalações Elétricas, AVAC, Segurança e ITED

Tomo 8.7.TEL – Instalações de Telecomunicações

VOLUME 09 – EXPROPRIAÇÕES**VOLUME 10 – AMBIENTE**

Tomo 10.1 – Estudo de Impacte Ambiental

Tomo 10.1.1 – Resumo não Técnico

Tomo 10.1.2 – Relatório Síntese

Tomo 10.1.3 – Plano Geral de Monitorização Ambiental

Tomo 10.1.4 – Plano de Gestão Ambiental da Obra

Tomo 10.1.5 – Peças Desenhadas

Tomo 10.1.6 – Anexos Temáticos

Tomo 10.1.7 – Projeto de Integração Paisagística

Tomo 10.1.8 – Projeto de Proteção Sonora

Tomo 10.1.9 – Levantamento Arbóreo

VOLUME 11 – SERVIÇOS AFETADOS

Tomo 11.1 – Identificação dos Serviços Afetados

Tomo 11.2 – Reposição dos Serviços Afetados

VOLUME 12 – FASEAMENTO CONSTRUTIVO

LINHA DO NORTE – TROÇO ENTRE O PK 34+100 E PK 47+000
PROJETO E ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA A QUADRUPLICAÇÃO DO TROÇO
ENTRE CASTANHEIRA DO RIBATEJO E AZAMBUJA
PROJETO DE EXECUÇÃO
V01 – INFRAESTRUTURA E PLATAFORMA DE VIA-FÉRREA
TOMO 1.8 – ESTUDO HIDROLÓGICO
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	SIGLAS E ABREVIATURAS	3
3	ENQUADRAMENTO GERAL	5
4	CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	6
5	CAUDAIS DE CHEIA	29
5.1	Metodologia	29
5.2	Estações hidrométricas	30
5.3	Postos Pluviométricos	32
5.4	Modelo precipitação - escoamento	35
5.4.1	Precipitações máximas anuais nas bacias	35
5.4.2	Curvas de possibilidade udométrica	48
5.4.3	Hietogramas de precipitação	50
5.4.4	Hidrogramas de cheia	55
5.5	Fórmulas cinemáticas	62
5.5.1	Fórmula de Giandotti	62
5.5.2	Fórmula do Soil Conservation Service	64
5.5.3	Fórmula de Mockus	66
5.5.4	Método Racional	68
5.6	Compilação dos resultados obtidos para as bacias E e G	82
6	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja.	5
Figura 2 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja na Rede Ferroviária Nacional.	5
Figura 3 - Bacias hidrográficas.	8
Figura 4 - Ocupação e uso do solo das bacias hidrográficas.	12
Figura 5 - Altimetria das bacias hidrográficas.	25
Figura 6 – Estações hidrométricas.	31
Figura 7 – Postos pluviométricos.	34
Figura 8 – Polígonos de Thiessen.	46
Figura 9 - Modo de distribuição dos blocos de precipitação.	51
Figura 10 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.	51
Figura 11 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.	51
Figura 12 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.	52
Figura 13 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.	52
Figura 14 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.	52
Figura 15 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.	53
Figura 16 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.	53
Figura 17 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.	53
Figura 18 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.	54
Figura 19 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.	54
Figura 20 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.	54
Figura 21 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.	55
Figura 22 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.	56
Figura 23 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.	57
Figura 24 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.	57
Figura 25 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.	58
Figura 26 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.	58
Figura 27 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.	59
Figura 28 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.	59
Figura 29 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.	60
Figura 30 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.	60
Figura 31 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.	61
Figura 32 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.	61
Figura 33 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.	62
Figura 34 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, adaptado de CHOW et al., 1988, p. 498.	69

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Principais caraterísticas das bacias A a D	9
Quadro 2 – Principais caraterísticas das bacias E a G	9
Quadro 3 – Principais caraterísticas das bacias H a Z	9

Quadro 4 – Escolha do número de escoamento nas condições AMCII.	13
Quadro 5 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica A – rio Grande da Pipa.	13
Quadro 6 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica B – rio Alenquer.	14
Quadro 7 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica C – rio Ota.	15
Quadro 8 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica D – rio Valverde.	15
Quadro 9 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.	16
Quadro 10 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.	16
Quadro 11 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica G.	16
Quadro 12 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica H - ribeiro da Castanheira.	17
Quadro 13 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica I.	17
Quadro 14 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica J - ribeiro da Corte.	18
Quadro 15 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica K.	18
Quadro 16 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica L.	18
Quadro 17 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica M.	19
Quadro 18 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica N.	19
Quadro 19 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica O.	20
Quadro 20 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica P.	20
Quadro 21 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Q - Vala do Carril.	20
Quadro 22 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica R.	21
Quadro 23 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica S.	21
Quadro 24 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica T.	21
Quadro 25 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica U.	22
Quadro 26 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica V.	22
Quadro 27 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica X.	22
Quadro 28 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Y.	23

Quadro 29 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Z.....	23
Quadro 30 – Tabela de conversão do número de escoamento CN em função das condições AMC.....	26
Quadro 31 – Valores de CN em função das condições AMC.....	27
Quadro 32 – Tempo de concentração das bacias hidrográficas.....	27
Quadro 33 – Estações hidrométricas.....	30
Quadro 34 – Postos pluviométricos.....	32
Quadro 35 – Precipitações diárias máximas anuais (mm).....	35
Quadro 36 – Precipitações máximas anuais com 24 h de duração (mm), no período de 1979/80 a 2021/22, após o preenchimento de falhas.....	38
Quadro 37 – Posto pluviométrico de Abrigada. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	39
Quadro 38 – Posto pluviométrico de Alcoentre. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	39
Quadro 39 – Posto pluviométrico de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	40
Quadro 40 – Posto pluviométrico de Arranhó. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	40
Quadro 41 – Posto pluviométrico de Meca. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	41
Quadro 42 – Posto pluviométrico de Merceana. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	41
Quadro 43 – Posto pluviométrico de Ota. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	42
Quadro 44 – Posto pluviométrico de Penedos de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	42
Quadro 45 – Posto pluviométrico de Pontével. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	43
Quadro 46 – Posto pluviométrico de Pragança. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	43
Quadro 47 – Posto pluviométrico de Sobral de Monte Agraço. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	44
Quadro 48 – Posto pluviométrico de Vila Franca de Xira. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).....	44
Quadro 49 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.....	45
Quadro 50 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica A.....	47
Quadro 51 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica B.....	47
Quadro 52 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica C.....	47
Quadro 53 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica D.....	48
Quadro 54 – Curvas IDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).....	48
Quadro 55 – Curvas PDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).....	48
Quadro 56 – Relações Pd/P24 posto de São Julião do Tojal (20C/01C).....	49
Quadro 57 – Valores de CN em função do período de retorno.....	56
Quadro 58 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas A a D.....	62

Quadro 59 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	63
Quadro 60 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica F.....	64
Quadro 61 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica G.	64
Quadro 62 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Giandotti). ..	64
Quadro 63 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	66
Quadro 64 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica F.....	66
Quadro 65 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS na secção de referência da bacia hidrográfica G.	66
Quadro 66 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula do SCS).	66
Quadro 67 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	67
Quadro 68 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica F.....	67
Quadro 69 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica G.	67
Quadro 70 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Mockus).	68
Quadro 71 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.	69
Quadro 72 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.	70
Quadro 73 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica G.	70
Quadro 74 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica H – ribeiro da Castanheira.	71
Quadro 75 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica I.....	71
Quadro 76 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica J – ribeiro da Corte.....	71
Quadro 77 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica K.	72
Quadro 78 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica L.....	72
Quadro 79 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica M.....	72
Quadro 80 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica N.	73
Quadro 81 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica O.	73
Quadro 82 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica P.	73
Quadro 83 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Q – Vala do Carril.	73
Quadro 84 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica R.	74
Quadro 85 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica S.	74
Quadro 86 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica T.	74
Quadro 87 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica U.	75
Quadro 88 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica V.	75
Quadro 89 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica X.	75
Quadro 90 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Y.	75
Quadro 91 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Z.	76
Quadro 92 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica E.....	77

Quadro 93 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica F.	77
Quadro 94 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica G.	77
Quadro 95 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica H.	77
Quadro 96 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica I.	77
Quadro 97 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica J.	78
Quadro 98 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica K.	78
Quadro 99 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica L.	78
Quadro 100 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica M.	78
Quadro 101 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica N.	78
Quadro 102 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica O.	79
Quadro 103 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica P.	79
Quadro 104 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Q.	79
Quadro 105 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica R.	79
Quadro 106 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica S.	80
Quadro 107 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica T.	80
Quadro 108 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica U.	80
Quadro 109 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica V.	80
Quadro 110 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica X.	80
Quadro 111 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Y.	81
Quadro 112 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Z.	81
Quadro 113 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a Z (método racional).	81
Quadro 114 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G.	82
Quadro 115 – Caudais de ponta de cheia para todas as bacias hidrográficas.	83

DESENHOS

DRE 001 – Esboço Corográfico

DRE 002 – Bacias Hidrográficas (1/3)

DRE 002 – Bacias Hidrográficas (2/3)

DRE 003 – Bacias Hidrográficas (3/3)

1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Memória Descritiva e Justificativa apresentada pelo Consórcio TPF/PROFICO do Tomo 1.8 – Estudo Hidrológico, do Volume 01 – Infraestrutura e Plataforma de Via-Férrea do Projeto de Execução para o “Projeto e Estudo de Impacte Ambiental para quadruplicação do troço entre Castanheira do Ribatejo e Azambuja, na Linha do Norte” (processo DESCO n.º 10008159).

O projeto que agora se apresenta, dá sequência ao Estudo Prévio, e foi desenvolvido nos termos do Caderno de Encargos e de acordo com as orientações da IP – Infraestruturas de Portugal, S.A., tendo por base os elementos disponibilizados para a sua elaboração.

As soluções propostas constituem uma evolução dos estudos elaborados em fase de Estudo Prévio, instruídos pela análise cuidada dos documentos postos a concurso pela IP – Infraestruturas de Portugal, S.A., dos documentos fornecidos após a adjudicação do presente contrato nomeadamente, a cartografia 1:1000, da informação recolhida pelo Consórcio e das visitas ao local efetuadas pelos técnicos da TPF/PROFICO. Aos elementos referenciados, acresce os levantamentos topográficos realizados às escalas 1:200 e 1:500, bem como os perfis transversais de campo, elaborados para o desenvolvimento do Projeto de Execução, em função das necessidades identificadas na fase anterior de projeto.

O Estudo Hidrológico que agora se apresenta constituiria uma atualização dos estudos similares desenvolvidos no âmbito do Projeto de Modernização da Linha do Norte, entre futura estação de Vila Franca de Xira Norte e a atual estação da Azambuja, datado de 2003.

No que se refere à drenagem transversal, o projeto contemplou o dimensionamento das passagens hidráulicas sob as novas vias (vias Este), que constituirão a fronteira de jusante das novas passagens hidráulicas das linhas Oeste.

Não tendo sido possível consultar o projeto de 2003 e em particular o Estudo Hidrológico que faz parte integrante do mesmo, foi decidido elaborar um novo estudo, que será independente do anteriormente realizado, “com base nos pressupostos e metodologias adequados a este tipo de estudo e de acordo com os requisitos técnicos descritos na Nota Técnica NT_V01_INFRAESTRUTURA VIA_v03 constante no Anexo XII.”.

No entanto, do Estudo de 2003, foi possível reter os seguintes períodos de retorno adotados relativos aos níveis de cheia do Tejo necessários para o dimensionamento de:

- Nível da base do carril igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 100 anos;
- Nível do bordo da plataforma igual ou superior ao nível das cheias do Tejo para um período de retorno de 20 anos.”

Assim, a presente memória descritiva e justificativa foi organizada em quatro capítulos, sendo o presente Capítulo 1 a introdução e tendo os restantes capítulos os âmbitos seguintes:

- No Capítulo 2, apresenta-se a caracterização das bacias hidrográficas que drenam para as passagens hidráulicas;

-
- No Capítulo 3, apresenta-se o cálculo dos caudais de ponta de cheia, mediante a aplicação de várias metodologias;
 - Finalmente no Capítulo 4, apresenta-se uma análise dos efeitos das alterações climáticas no cálculo dos caudais.

2 SIGLAS E ABREVIATURAS

No presente projeto foram consideradas diversas siglas e abreviaturas, cujo significado pode ser observado seguidamente:

- AMV Aparelho de Mudança de Via;
- BLS Barra Longa Soldada;
- CDTA Cabo De Terra Aéreo;
- CDTE Cabo De Terra Enterrado;
- CE Caderno de Encargos;
- CS Cabo de Suporte;
- DPF Domínio Público Ferroviário;
- EE Esquema Elétrico;
- FC Fio de Contacto;
- HG Horizonte Geotécnico;
- IET Instrução de Exploração Técnica;
- ILR Indicador Limite de Resguardo;
- IP Infraestruturas de Portugal;
- LAV Linha de Alta Velocidade;
- LEAE Ligação Equipotencial Aéreo/Enterrado;
- LN Linha do Norte;
- LTI Ligação Transversal Integral;
- NUT Nomenclatura das Unidades Territoriais;
- OA Obra de Arte;
- PH Passagem Hidráulica;
- PI Passagem Inferior;
- PK Ponto Quilométrico;
- PNI Programa Nacional de Investimentos;
- PTT Perfil Transversal Tipo;
- PS Passagem Superior;
- RCT+TP Retorno de Corrente de Tração + Terra de Proteção;
- SLA Seccionador de Lâmina de Ar;
- SET Salas de Equipamentos de Telecomunicações;
- TA Transformador de Autotransformação;

-
- TR Sistema com condutor de Retorno;
 - TVM Tabela de Velocidades Máximas;
 - VAE Via Ascendente Este;
 - VAO Via Adicional Banalizada;
 - VA-L Via Ascendente Lenta;
 - VA-R Via Ascendente Rápida;
 - VDE Via Descendente Este;
 - VD-L Via Descendente Lenta;
 - VD-R Via Descendente Rápida;
 - VUT Via Única Temporária;
 - ZC Zona Comum.

3 ENQUADRAMENTO GERAL

O troço que se prevê intervencionar, entre as estações de Castanheira do Ribatejo e da Azambuja, tem uma extensão de 12 900 m, entre o PK 34+100 e o PK 47+000 da Linha do Norte. O troço desenvolve-se na União das Freguesias da Castanheira do Ribatejo e Cachoeiras, no concelho de Vila Franca de Xira, e nas freguesias de Vila Nova da Rainha e Azambuja, no concelho da Azambuja. Em termos da divisão territorial, o projeto insere-se na NUT 1 – Portugal Continental, NUT 2 – Área Metropolitana de Lisboa e Alentejo, NUT 3 – Área Metropolitana de Lisboa e Lezíria do Tejo (NUT – Nomenclatura das Unidades Territoriais), Figura 1.

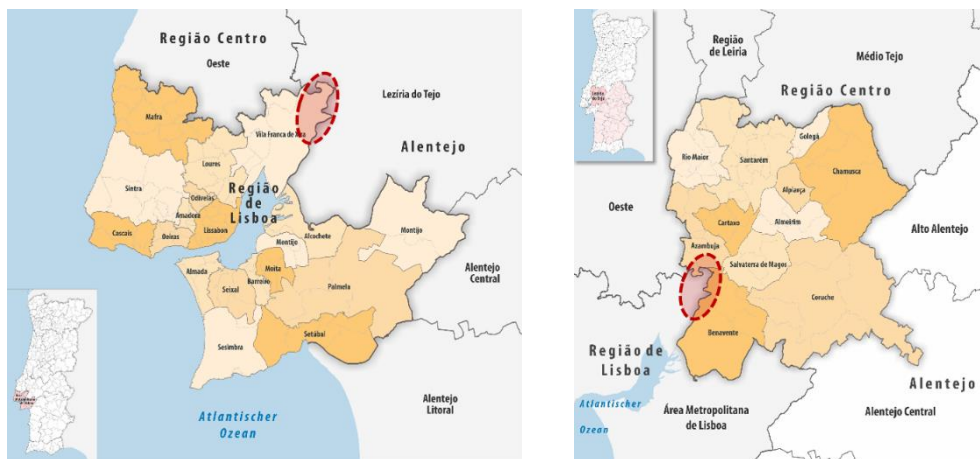


Figura 1 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja.

Relativamente à Rede Ferroviária Nacional, o troço em estudo insere-se na Linha do Norte (Figura 2). O incremento do tráfego causado pela Linha de Sintra sobre a Linha do Norte (LN), o prolongamento da Linha do Sul até à Linha do Norte e pela inserção da nova Linha de Alta Velocidade (LAV) entre Porto e Carregado, será viabilizado com a finalização da quadruplicação da Linha de Cintura e com a instalação de via quádrupla (ou via tripla) no troço Alverca – Castanheira e de via quádrupla no troço Castanheira – Azambuja.

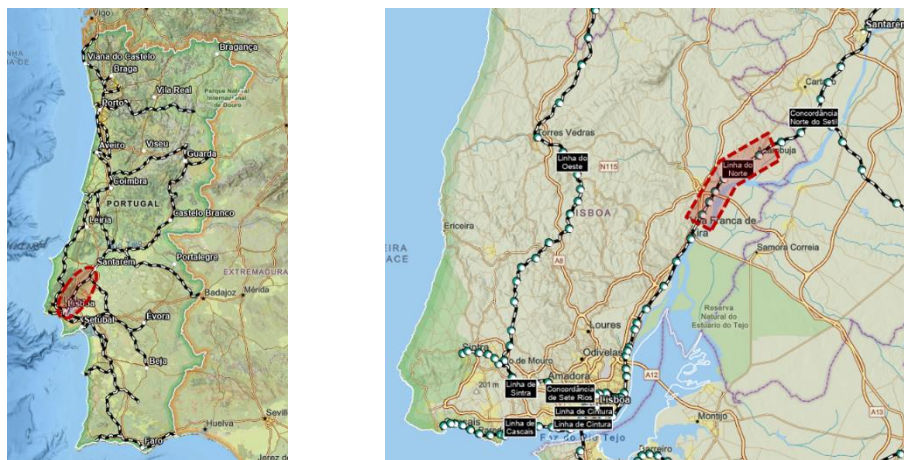


Figura 2 – Localização do troço Castanheira do Ribatejo – Azambuja na Rede Ferroviária Nacional.

4 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Ao longo do troço da via-férrea entre a Castanheira e a Azambuja, foram identificadas as seguintes bacias hidrográficas, delimitadas pelas obras de drenagem transversal existentes e listadas no Caderno de Encargos da Aquisição de Serviços, ilustradas na Figura 3 e nos Desenhos 1 a 3.

- bacia A – bacia hidrográfica do rio Grande da Pipa (Vala do Carregado) delimitada pela Ponte do Carregado (116) localizada ao km 36+684;
- bacia B – bacia hidrográfica do rio de Alenquer delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha (125) localizada ao km 39+795;
- bacia C – bacia hidrográfica do rio da Ota delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha (126) localizada ao km 39+795;
- bacia D – bacia hidrográfica do rio Valverde delimitada pela Ponte de Valverde (134/135) localizada ao km 46+100;
- bacia E – bacia hidrográfica do ribeiro do Barrão/Vala da Regateira delimitada pelo Pontão da Regateira - 119 localizado ao km 37+880;
- bacia F – bacia hidrográfica da Vala Nova delimitada pela Ponte de V.N. da Rainha 124 localizada ao km 39+795;
- bacia G – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 131 localizada ao km 44+171;
- bacia H – bacia hidrográfica do ribeiro da Castanheira delimitada pela obra de drenagem 109 localizada ao km 34+202;
- bacia I – bacia hidrográfica delimitada pelo Pontão das Faias (121) localizado ao km 38+577 e pela obra de drenagem 122 localizada ao km 38+906;
- bacia J – bacia hidrográfica do ribeiro da Corte delimitada pela obra de drenagem 123 localizada ao km 39+346;
- Bacia K – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 111 localizada ao km 34+713;
- Bacia L – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 127 localizada ao km 41+524;
- Bacia M – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 129 localizada ao km 42+130;
- Bacia N – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 130B localizada ao km 42+815 e pela obra de drenagem 130A localizada ao km 43+131;
- Bacia O – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 110 localizada ao km 34+517;
- Bacia P – bacia hidrográfica delimitada pelas obras de drenagem 112/113 localizadas ao km 35+368;
- Bacia Q – bacia hidrográfica da Vala do Carril delimitada pelas obras de drenagem 114/115 localizadas ao km 36+060;
- Bacia R – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 117 localizada ao km 36+804;
- Bacia S – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 118 localizada ao km 37+222;
- Bacia T – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 120 localizada ao km 38+235;

-
- Bacia U – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 126A localizada ao km 40+250;
 - Bacia V – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 128 localizada ao km 42+030;
 - Bacia X – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 130 localizada ao km 42+282;
 - Bacia Y – bacia hidrográfica delimitada pelo Pontão da Maia (132) localizada ao km 44+750;
 - Bacia Z – bacia hidrográfica delimitada pela obra de drenagem 133 localizada ao km 45+420.

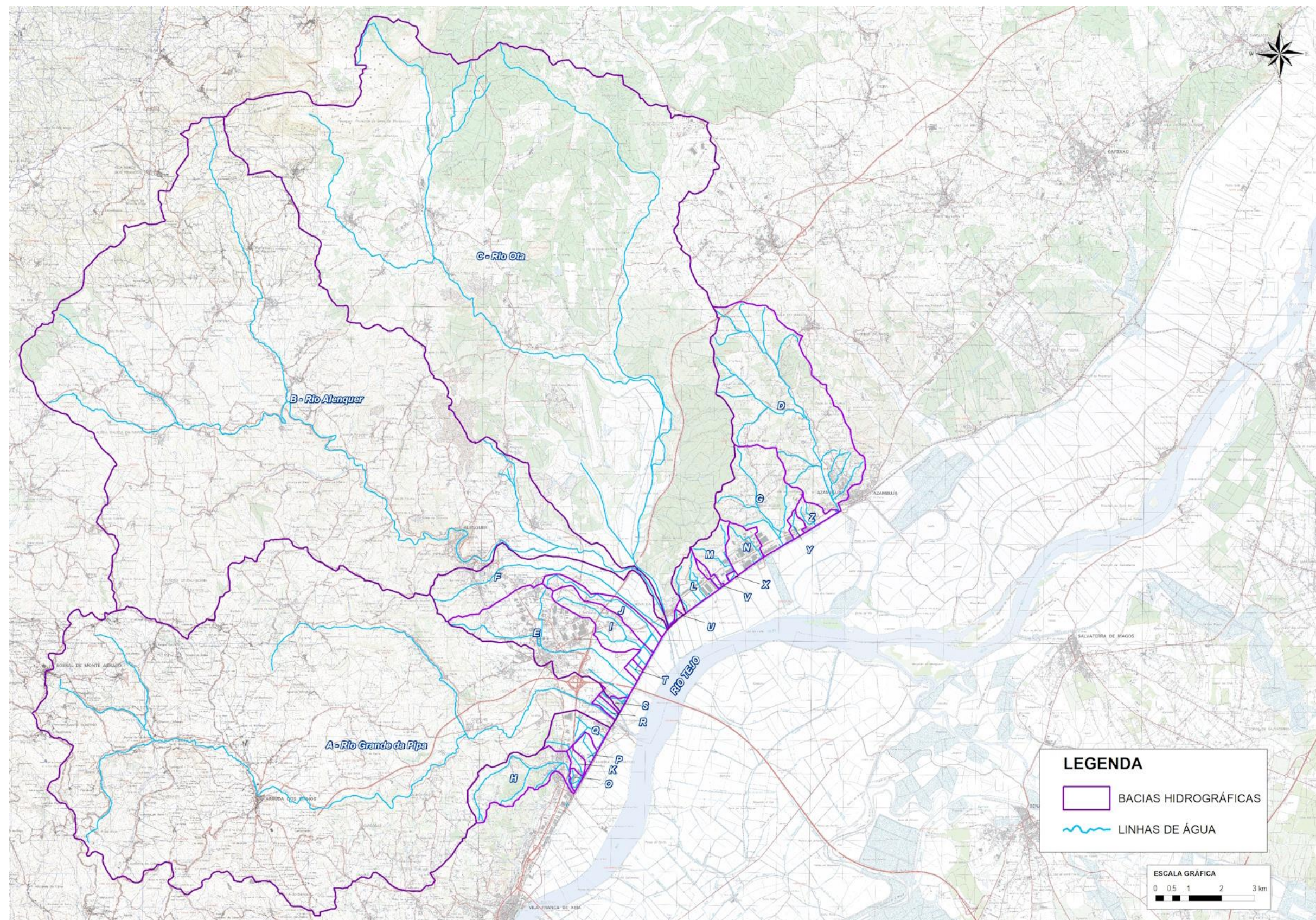


Figura 3 - Bacias hidrográficas.

Dada a grande dimensão, as bacias A a G foram alvo de uma caracterização extensa e mais detalhada, conforme seguidamente apresentado. Para as restantes bacias, de menor área, foram apenas determinadas as respetivas áreas de bacia hidrográfica, o comprimento e o declive médio da linha de água principal.

Quadro 1 – Principais caraterísticas das bacias A a D

Características fisiográficas	Bacia A	Bacia B	Bacia C	Bacia D
Área (km ²)	117,44	128,68	146,01	16,09
Comprimento da linha de água principal (km)	23,59	29,55	26,71	7,49
Altitude mínima (-)	1,00	1,00	1,00	3,00
Altitude máxima (-)	450,00	360,00	666,00	114,00
Altitude média (-)	170,26	137,26	94,81	61,15
Altura média (m)	169,26	136,26	93,81	58,15
Declive médio da linha de água principal (-)	0,0106	0,0118	0,0206	0,0101
Declive entre 10 e 85% do comprimento da linha de água (m/km)	7,51	4,31	6,37	7,73

Quadro 2 – Principais caraterísticas das bacias E a G

Características fisiográficas	Bacia E	Bacia F	Bacia G
Área (km ²)	8,03	6,93	5,32
Comprimento da linha de água principal (km)	6,79	8,16	3,58
Altitude mínima (-)	2,50	2,00	3,00
Altitude máxima (-)	198,00	241,00	110,00
Altitude média (-)	24,97	45,23	51,12
Altura média (m)	22,47	43,23	48,12
Declive médio da linha de água principal (-)	0,0261	0,0255	0,0271
Declive entre 10 e 85% do comprimento da linha de água (m/km)	10,98	7,73	18,46

Quadro 3 – Principais caraterísticas das bacias H a Z

Bacia	Características fisiográficas				
	Área (km ²)	Linha de água principal			
		Comprimento (km)	Cota máxima (-)	Cota mínima (-)	Declive médio (-)
H	3,49	5,29	195,00	1,50	0,0366
I	2,29	3,88	25,00	1,50	0,0061
J	1,66	4,57	33,00	1,50	0,0069
K	0,27	0,85	8,00	1,63	0,0075
L	1,41	2,38	90,00	5,00	0,0357
M	1,31	2,22	92,00	2,50	0,0403
N	1,18	1,66	75,00	2,40	0,0437
O	0,17	0,74	5,00	1,63	0,0045
P	0,43	0,86	3,00	1,50	0,0017
Q	1,54	2,15	120,00	2,00	0,0590
R	0,21	0,85	5,00	3,00	0,0024

Bacia	Características fisiográficas				
	Área (km²)	Linha de água principal			
		Comprimento (km)	Cota máxima (-)	Cota mínima (-)	Declive médio (-)
S	0,23	0,79	5,00	4,00	0,0013
T	0,18	0,49	2,00	1,10	0,0018
U	0,06	0,30	12,00	3,00	0,0297
V	0,19	0,57	4,00	1,18	0,0049
X	0,06	0,30	5,00	1,50	0,0117
Y	0,27	0,79	40,00	1,72	0,0483
Z	0,62	0,96	50,00	1,50	0,0503

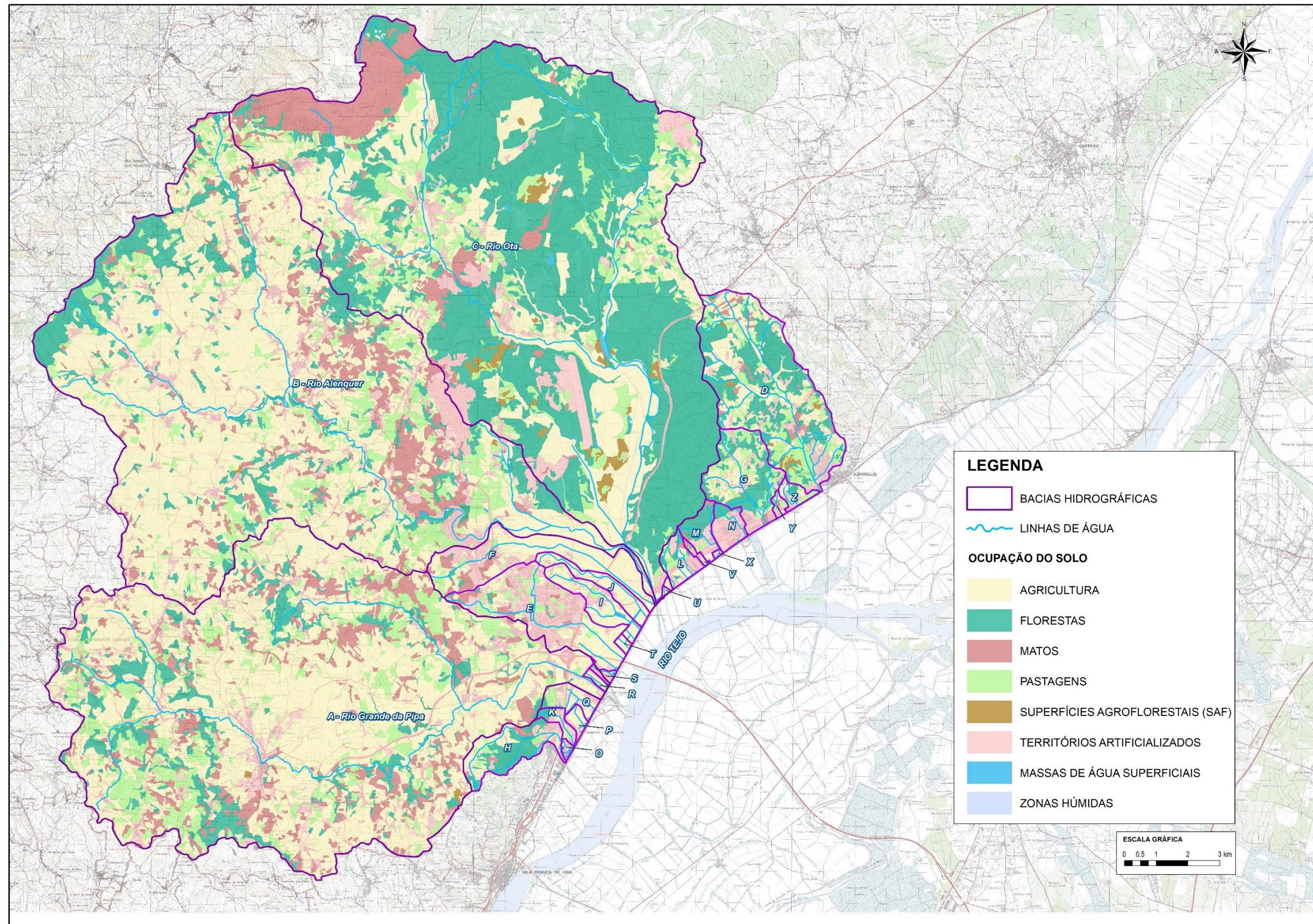
Todas as bacias hidrográficas foram, ainda, caracterizadas pelo número de escoamento, CN, que depende das características de permeabilidade do solo, assim como da sua utilização e do coberto vegetal.

Segundo o S.C.S. são quatro os tipos de solo:

- Grupo A: Areias profundas, loesse profundo e siltes agregados. Solos dando origem a baixo escoamento superficial potencial e elevada infiltração, mesmo quando totalmente encharcados.
- Grupo B: Loesse pouco profundo ou terreno arenoso. Solos que apresentam taxas de infiltração moderadas quando totalmente encharcados.
- Grupo C: Terreno argiloso, terreno arenoso pouco profundo, solos com alguma matéria orgânica e solos com elevada percentagem argilosa. Solos com baixas taxas de infiltração quando totalmente encharcados consistindo principalmente em solos em que existem camadas que impedem o movimento descendente da água e em solos com textura moderadamente fina a fina.
- Grupo D: Solos expansivos quando húmidos, argilas muito plásticas e alguns solos salinizados. Solos com elevado escoamento superficial potencial. Apresentam, quando totalmente encharcados, taxas de infiltração muito reduzidas e são fundamentalmente constituídos por solos argilosos, solos em zonas em que o nível freático é constantemente elevado, solos em que, à superfície ou próximo desta, ocorrem camadas argilosas ou ainda solos em que, à superfície ou próximo desta, ocorrem camadas argilosas ou ainda a solos finos sobre camadas impermeáveis.

A análise da “Carta dos Solos de Portugal Continental Classificados pelas suas Características Hidrológicas”, publicada na fig. 11.19 de Lições de Hidrologia de A. Lencastre e F. M. Franco (1992), permitiu concluir que, em todas as bacias em estudo só existem solos do tipo B e D.

No que respeita à ocupação dos solos, a análise da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) para 2018 da Direção-Geral do Território (DGT) e as visitas realizadas ao local permitiram identificar os tipos de ocupação ilustrados na figura seguinte.



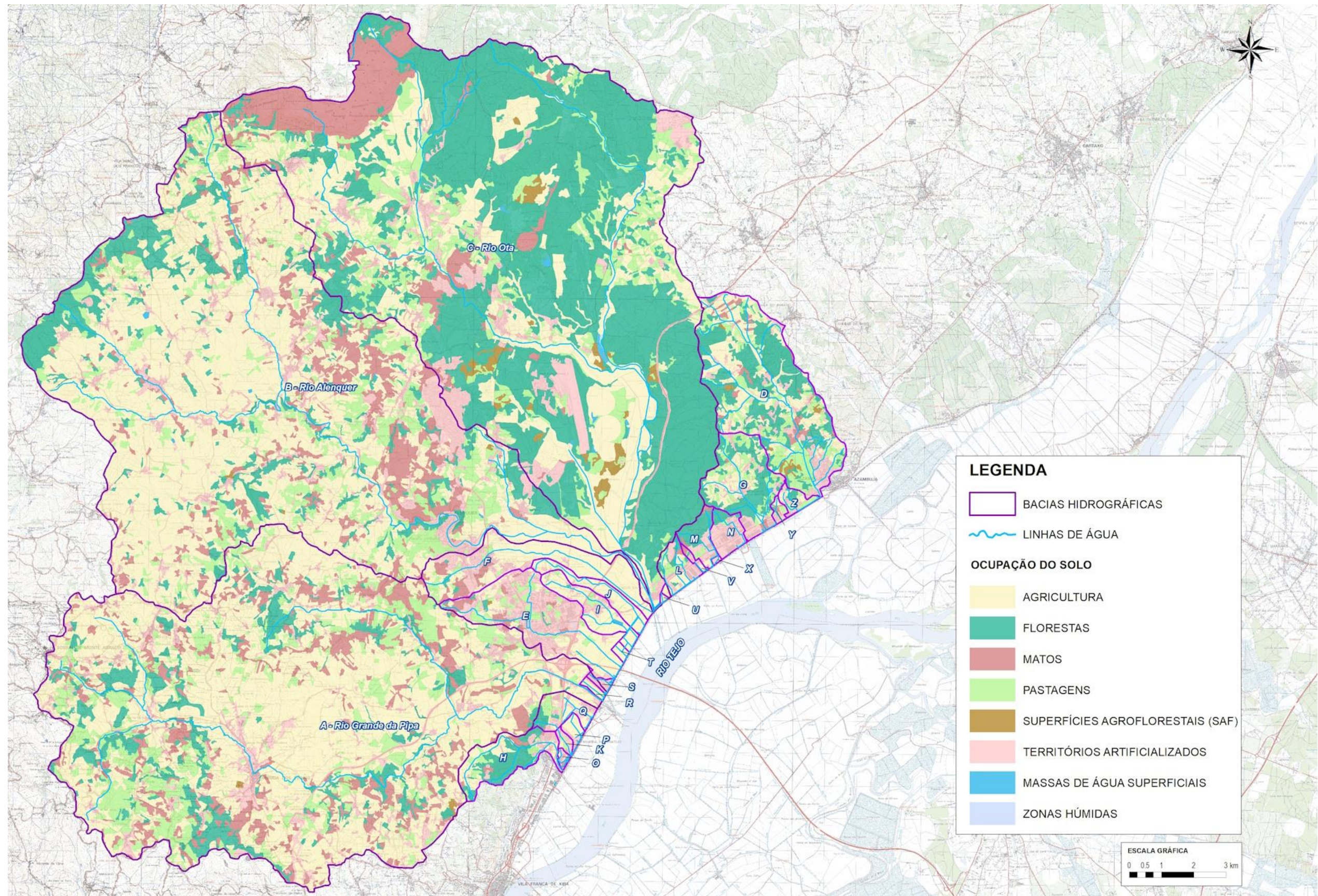


Figura 4 - Ocupação e uso do solo das bacias hidrográficas.

O número de escoamento foi determinado para as condições AMCII, correspondente a condições médias de humidade do solo no início de uma precipitação intensa, por ponderação de áreas ocupadas por cada tipo de solo, conforme apresentado nos quadros seguintes.

Quadro 4 – Escolha do número de escoamento nas condições AMCII.

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land ¹ : without conservation treatment	72	81	88	91
with conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land: poor condition	68	79	86	89
good condition	39	61	74	80
Meadow: good condition	30	58	71	78
Wood or forest land: thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
good cover ²	25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential ³ :				
Average lot size Average % impervious ⁴				
1/8 acre or less 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵	98	98	98	98
Streets and roads:				
paved with curbs and storm sewers ⁵	98	98	98	98
gravel	76	85	89	91
dirt	72	82	87	89

Quadro 5 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica A – rio Grande da Pipa.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	4,54	50,40	71	81
Espaços abertos	0,52	5,81	61	80
Florestas pouco densas	3,23	15,27	66	83
Florestas densas	0,91	11,06	55	77
Planos de água	0,06	0,01	100	100

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Pastagens boas	2,28	14,35	61	80
Áreas comerciais	-	0,02	92	95
Áreas residenciais	0,93	5,49	85	92
Lotes de parques, telhados, passeios	0,01	0,02	98	98
Pastagens pobres	0,09	0,03	79	89
Rua, estradas pavimentadas	0,17	0,89	98	98
Ruas, estradas em terra batida	0,04	0,33	82	89
Ruas, estradas empedradas	-	0,07	85	91
Zonas industriais	0,37	0,55	88	93
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 69	CN _D = 82
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	13,14	104,30	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			81	

Quadro 6 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica B – rio Alenquer.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	41,81	21,97	71	81
Espaços abertos (agricultura)	0,04	≈ 0,00	61	80
Florestas pouco densas	12,42	2,82	66	83
Florestas densas	13,94	2,26	55	77
Planos de água	0,44	0,01	100	100
Pastagens boas	12,36	2,86	61	80
Áreas comerciais	0,07	0,01	92	95
Áreas residenciais	5,99	1,33	85	92
Espaços abertos	5,96	1,31	85	92
Lotes de parques, telhados, passeios	0,06	≈ 0,00	98	98
Prados em boas condições	0,03	≈ 0,00	58	78
Pastagens pobres	0,13	0,02	79	89
Rua, estradas pavimentadas	0,10	0,00	98	98
Ruas, estradas em terra batida	0,26	0,12	82	89
Ruas, estradas empedradas	1,84	0,00	85	91
Zonas industriais	0,45	0,07	88	93
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 69	CN _D = 82
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	95,90	32,78	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			72	

Quadro 7 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica C – rio Ota.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	28,40	-	71	-
Espaços abertos (agricultura)	2,18	-	61	-
Florestas pouco densas	16,02	-	66	-
Florestas densas	73,66	-	55	-
Planos de água	0,48	-	100	-
Pastagens boas	15,61	-	61	-
Áreas comerciais	0,03	-	92	-
Áreas residenciais	2,65	-	85	-
Espaços abertos (artificializados)	0,35	-	85	-
Estradas ou ruas pavimentadas	2,25	-	98	-
Lotes de parques, telhados, passeios	0,01	--	98	--
Pastagens pobres	0,12	-	79	-
Ruas, estradas em terra batida	0,77	-	82	-
Ruas, estradas empedradas	2,24	-	85	-
Terras lavradas não cultivadas	≈ 0,00	-	81	-
Zonas industriais	1,12	-	88	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 62	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	146,01	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			62	

Quadro 8 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica D – rio Valverde.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	4,55	-	71	-
Florestas densas	5,96	-	55	-
Florestas pouco densas	1,02	-	66	-
Pastagens boas	2,92	-	61	-
Áreas residenciais	1,50	-	85	-
Áreas comerciais	0,01	-	92	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,07	-	98	-
Zonas industriais	0,06	-	71	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 64	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	16,09	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			64	

Quadro 9 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,88	1,50	71	81
Florestas densas	0,10	-	55	77
Florestas pouco densas	0,52	-	66	83
Pastagens boas	0,96	0,11	61	80
Áreas residenciais	3,22	0,27	85	92
Ruas, estradas pavimentadas	0,27	0,19	98	89
Planos de água	0,01	-	100	100
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 78	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	5,96	2,07	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			79	

Quadro 10 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	2,63	1,81	71	81
Florestas densas	0,09	≈ 0,00	55	77
Planos de água	≈ 0,00	0,01	100	100
Florestas pouco densas	0,66	0,00	66	83
Pastagens boas	0,28	0,08	61	80
Áreas residenciais	0,60	0,10	85	92
Ruas, estradas pavimentadas	0,04	0,32	98	89
Zonas industriais	0,23	0,04	88	93
Áreas comerciais	0,01	0,02	92	95
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 72	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	4,55	2,38	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			76	

Quadro 11 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica G.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	1,24	-	71	-
Florestas densas	2,05	-	55	-
Florestas pouco densas	0,09	-	66	-

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Pastagens boas	1,18	-	61	-
Áreas residenciais	0,47	-	85	-
Zonas industriais	0,24	-	88	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	-	98	-
Planos de água	0,03	-	100	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 65	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	5,32	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			65	

Quadro 12 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica H - ribeiro da Castanheira.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,87	-	71	-
Florestas densas	1,38	-	55	-
Florestas pouco densas	0,22	-	66	-
Pastagens boas	0,37	-	61	-
Áreas residenciais	0,59	-	85	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,06	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 66	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	3,49	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			66	

Quadro 13 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica I.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas comerciais	0,02	0,03	92	95
Áreas cultivadas	0,59	1,05	71	81
Áreas industriais	0,02	0,04	88	93
Áreas residenciais	0,10	0,18	85	92
Florestas densas	≈ 0,00	0,01	55	77
Pastagens boas	0,05	0,10	61	80
Planos de água	0,01	0,02	100	100
Ruas, estradas pavimentadas	0,03	0,05	98	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 74	CN _D = 83
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	0,83	1,46	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			80	

Quadro 14 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica J - ribeiro da Corte.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,58	0,87	92	95
Áreas residenciais	0,03	0,04	71	81
Pastagens boas	0,02	0,03	88	93
Ruas, estradas pavimentadas	0,04	0,06	85	92
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 73	CN _D = 82
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	0,66	1,00	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			78	

Quadro 15 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica K.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas comerciais	-	0,03	-	95
Áreas cultivadas	-	0,02	-	81
Áreas industriais	-	0,08	-	93
Áreas residenciais	-	0,02	-	92
Pastagens boas	-	0,09	-	80
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,03	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 88
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	-	0,27	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			88	

Quadro 16 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica L.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,37	-	71	-
Áreas industriais	0,37	-	88	-
Áreas residenciais	0,03	-	85	-
Florestas densas	0,22	-	55	-
Florestas pouco densas	0,04	-	66	-
Pastagens boas	0,25	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	0,13	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 74	-

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	1,41	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			74	

Quadro 17 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica M.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,05	-	71	-
Áreas industriais	0,40	-	88	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Florestas densas	0,71	-	55	-
Florestas pouco densas	0,07	-	66	-
Pastagens boas	0,08	-	61	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 67	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	1,31	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			67	

Quadro 18 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica N.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km ²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	≈ 0,00	-	71	-
Áreas industriais	0,95	-	88	-
Florestas densas	0,20	-	55	-
Florestas pouco densas	≈ 0,00	-	66	-
Pastagens boas	0,03	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 82	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km ²)	1,18	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			82	

Quadro 19 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica O.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas comerciais	-	0,03	-	95
Áreas cultivadas	-	0,01	-	81
Áreas industriais	-	0,07	-	93
Florestas pouco densas	-	0,05	-	83
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,02	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 89
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,17	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			89	

Quadro 20 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica P.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,29	-	81
Áreas industriais	-	0,13	-	93
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,01	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 85
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,43	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			85	

Quadro 21 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Q - Vala do Carril.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,55	-	81
Áreas industriais	-	0,33	-	93
Áreas residenciais	-	0,03	-	92
Florestas densas	-	0,42	-	77
Ruas, estradas pavimentadas	-	0,20	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	CN _D = 84
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	1,54	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B x A _B + CN _D x A _D)/(A _B + A _D)			84	

Quadro 22 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica R.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,17	-	81
Áreas industriais	-	0,04	-	93
Planos de água	-	≈ 0,00	-	100
Ruas, estradas pavimentadas	-	≈ 0,00	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	$CN_D = 83$
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,21	-	-
$CN_{\text{bacia hidrográfica}} = (CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			83	

Quadro 23 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica S.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	≈ 0,00	-	81
Áreas industriais	-	0,23	-	93
Áreas residenciais	-	≈ 0,00	-	92
Ruas, estradas pavimentadas	-	≈ 0,00	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	$CN_D = 93$
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,23	-	-
$CN_{\text{bacia hidrográfica}} = (CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			93	

Quadro 24 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica T.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	-	0,18	-	81
Ruas, estradas pavimentadas	-	≈ 0,00	-	89
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	-	$CN_D = 81$
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	-	0,18	-	-
$CN_{\text{bacia hidrográfica}} = (CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			81	

Quadro 25 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica U.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,04	-	71	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 75	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,06	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B × A _B + CN _D × A _D)/(A _B + A _D)			75	

Quadro 26 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica V.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,04	-	71	-
Áreas industriais	0,08	-	88	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Florestas densas	0,02	-	55	-
Florestas pouco densas	0,04	-	66	-
Pastagens boas	0,01	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 75	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,19	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B × A _B + CN _D × A _D)/(A _B + A _D)			75	

Quadro 27 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica X.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A _B	Solo tipo D A _D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas industriais	0,06	-	88	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	CN _B = 88	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,06	-	-	-
CN bacia hidrográfica = (CN _B × A _B + CN _D × A _D)/(A _B + A _D)			88	

Quadro 28 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Y.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,04	-	71	-
Áreas industriais	0,11	-	88	-
Áreas residenciais	0,01	-	85	-
Florestas densas	0,01	-	55	-
Florestas pouco densas	0,04	-	66	-
Pastagens boas	0,06	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	$CN_B = 75$	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,27	-	-	-
CN bacia hidrográfica = $(CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			75	

Quadro 29 – Determinação dos números de escoamento CN para condições AMCII, para a bacia hidrográfica Z.

Classes de utilização do solo SCS	Área (km²)		CN (AMCII)	
	Solo tipo B A_B	Solo tipo D A_D	Solo Tipo B	Solo Tipo D
Áreas cultivadas	0,11	-	71	-
Áreas industriais	0,08	-	88	-
Áreas residenciais	0,12	-	85	-
Florestas densas	0,10	-	55	-
Florestas pouco densas	0,01	-	66	-
Pastagens boas	0,20	-	61	-
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	-	98	-
CN ponderado em função do tipo de ocupação	-	-	$CN_B = 70$	-
Área ocupada com cada tipo de solo (km²)	0,62	-	-	-
CN bacia hidrográfica = $(CN_B \times A_B + CN_D \times A_D) / (A_B + A_D)$			70	

Para calcular os tempos de concentração, t_c , das bacias A a G utilizaram-se as fórmulas de NERC, de Temez, de Kirpich e do SCS a seguir explicitadas.

Para as restantes bacias hidrográficas, bacias H a Z, com áreas inferiores a 5 km², os tempos de concentração, t_c , foram obtidos apenas por aplicação das fórmulas de Temez, de Kirpich e de SCS.

Fórmula de NERC:

$$t_c = 2.8 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I_{10;85}}} \right)^{0.47}$$

em que:

t_c - é o tempo de concentração (h);

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

$i_{10;85}$ - declive médio da linha de água entre 10% e 85% de L (m/km);

Fórmula de Temez:

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

em que:

t_c - é o tempo de concentração (h);

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

d_m - declive médio da linha de água (-);

Fórmula de Kirpich:

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

em que:

t_c - tempo de concentração (h);

d_m - declive médio da linha de água (-);

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

Fórmula do SCS:

$$t_c = \left(\frac{100 L^{0,8} (1000/CN-0,9)^{0,7}}{1900 \sqrt{d_m}} \right)$$

em que:

t_c - tempo de concentração (h);

d_m - declive médio da linha de água (-);

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

CN – número de escoamento.

A figura seguinte ilustra a variação altimétrica das bacias hidrográficas em estudo.

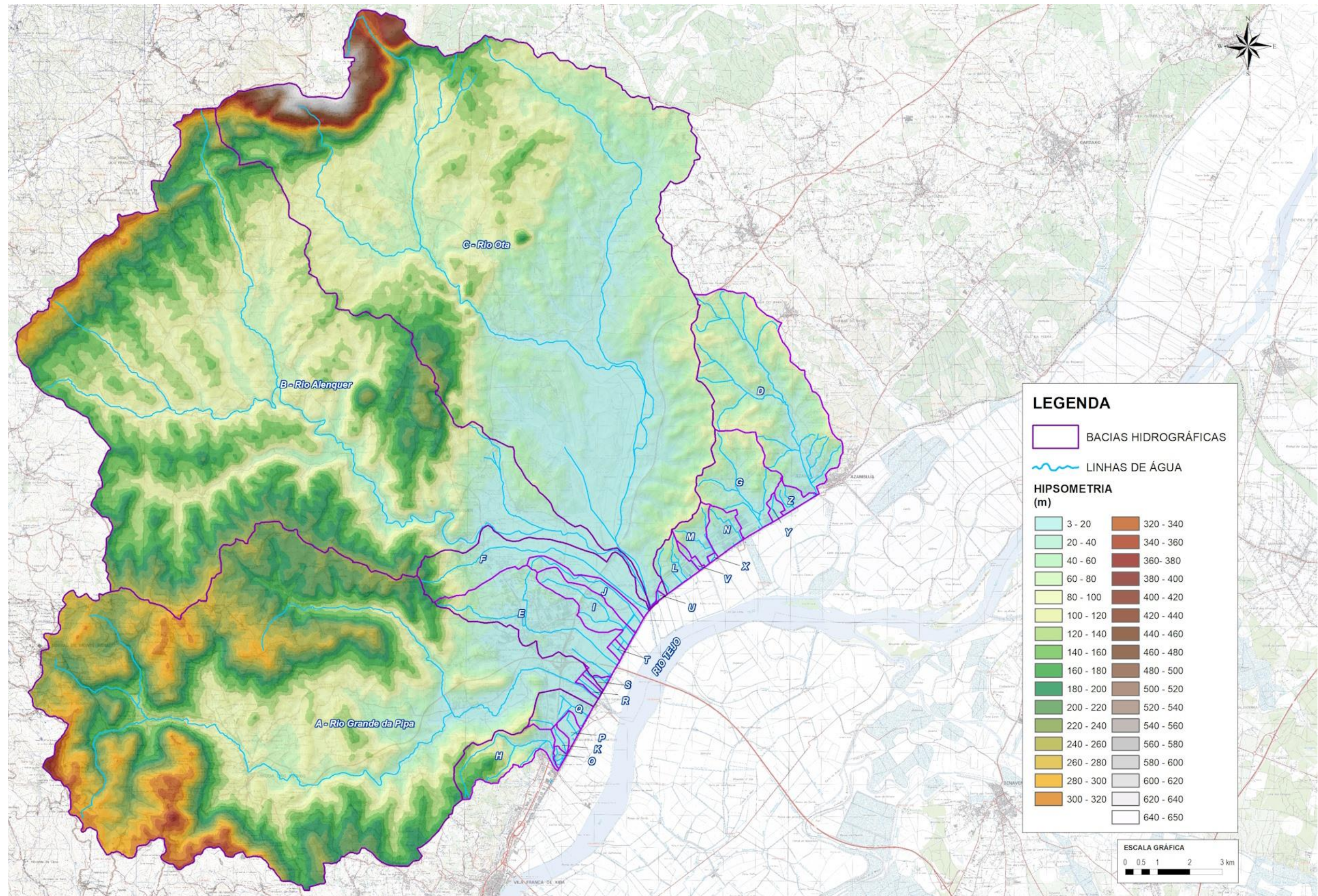


Figura 5 - Altimetria das bacias hidrográficas.

Como já referido, os números de escoamento das bacias hidrográficas indicados nos Quadro 5 a Quadro 29 foram determinados para as condições AMCII, correspondente a condições médias de humidade do solo no início de uma precipitação intensa.

No entanto, para a determinação do tempo de concentração considera-se que o solo se encontra saturado no início da precipitação intensa (AMCIII), o que origina um aumento nos números de escoamento, de acordo com a tabela de conversão seguinte.

Quadro 30 – Tabela de conversão do número de escoamento CN em função das condições AMC.

AMC			AMC			AMC		
II	I	III	II	I	III	II	I	III
100	100	100	74	55	88	48	29	68
99	97	100	73	54	87	47	28	67
98	94	99	72	53	86	46	27	66
97	91	99	71	52	86	45	26	65
96	89	99	70	51	85	44	25	64
95	87	98	69	50	84	43	25	63
94	85	98	68	48	84	42	24	62
93	83	98	67	47	83	41	23	61
92	81	97	66	46	82	40	22	60
91	80	97	65	45	82	39	21	59
90	78	96	64	44	81	38	21	58
89	76	96	63	43	80	37	20	57
88	75	95	62	42	79	36	19	56
87	73	95	61	41	78	35	18	55
86	72	94	60	40	78	34	18	54
85	70	94	59	39	77	33	17	53
84	68	93	58	38	76	32	16	52
83	67	93	57	37	75	31	16	51
82	66	92	56	36	75	30	15	50
81	64	92	55	35	74	25	12	43
80	63	91	54	34	73	20	9	37
79	62	91	53	33	72	15	6	30
78	60	90	52	32	71	10	4	22
77	59	89	51	31	70	5	2	13
76	58	89	50	31	70	0	0	0
75	57	88	49	30	69			

No quadro seguinte resumem-se os números de escoamento CN determinados para cada uma das bacias hidrográficas em função das condições AMC.

Quadro 31 – Valores de CN em função das condições AMC.

Bacia Hidrográfica	Números de escoamento		
	AMCII	AMCIII	AMCI
A	81	92	64
B	72	86	53
C	62	79	42
D	64	81	44
E	79	91	62
F	76	89	58
G	65	82	45
H	66	82	46
I	80	91	63
J	78	90	60
K	87	95	73
L	74	88	55
M	67	83	47
N	82	92	66
O	89	96	76
P	85	94	70
Q	84	93	68
R	83	93	67
S	93	98	83
T	81	92	64
U	75	88	57
V	75	88	57
X	88	95	75
Y	75	88	57
Z	70	85	51

No quadro seguinte apresentam-se os valores do tempo de concentração obtidos pelas diferentes fórmulas aplicadas, assim como o valor médio e o valor adotado.

Quadro 32 – Tempo de concentração das bacias hidrográficas.

Bacia	Tempo de concentração, Tc (h)					
	NERC	Temez	Kirpich	SCS	Média	Adotado
A	7,70	7,86	4,35	10,76	7,67	7,60
B	9,75	9,14	4,91	15,49	9,83	9,80
C	8,49	7,62	3,45	13,63	8,30	8,30
D	4,46	3,32	1,58	6,61	3,99	4,00
E	3,92	2,57	1,14	2,64	2,57	2,50
F	4,64	2,97	1,30	3,36	3,07	3,00
G	2,57	1,57	0,68	2,17	1,75	1,70
H	-	1,99	0,85	2,55	1,80	1,80
I	-	2,22	1,35	3,49	2,35	2,30
J	-	2,45	1,45	3,90	2,60	2,60

Bacia	Tempo de concentração, Tc (h)					
	NERC	Temez	Kirpich	SCS	Média	Adotado
K	-	0,67	0,38	0,78	0,61	0,60
L	-	1,09	0,47	1,10	0,89	0,90
M	-	1,01	0,42	1,17	0,87	0,80
N	-	0,80	0,33	0,63	0,59	0,60
O	-	0,67	0,42	0,85	0,65	0,60
P	-	0,90	0,68	1,73	1,10	1,10
Q	-	0,93	0,37	0,66	0,65	0,70
R	-	0,83	0,60	1,51	0,98	1,00
S	-	0,89	0,72	1,49	1,03	1,00
T	-	0,58	0,43	1,18	0,73	0,70
U	-	0,23	0,10	0,23	0,19	0,20
V	-	0,54	0,33	0,95	0,61	0,60
X	-	0,28	0,15	0,27	0,23	0,20
Y	-	0,45	0,18	0,39	0,34	0,30
Z	-	0,51	0,20	0,50	0,41	0,40

5 CAUDAIS DE CHEIA

5.1 Metodologia

Com o objetivo de dimensionar os órgãos de drenagem transversal, determinaram-se caudais de ponta de cheia nas secções de montante daquelas obras, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

De acordo com a Nota Técnica NT_V01_INFRAESTRUTURA VIA_v03 aplicaram-se as seguintes metodologias de cálculo:

- para as bacias hidrográficas com área superior a 10 km², bacias A a D, os caudais de ponta de cheia foram obtidos mediante a determinação do hidrograma de cheia baseado no método do hidrograma unitário do Soil Conservation Service, com recurso ao modelo precipitação-escoamento HEC-HMS;
- para as bacias com área inferior ou igual a 10 km², mas superior a 5 km², bacias E a G, os caudais de ponta de cheia foram determinados mediante a aplicação do método Racional e de outras fórmulas cinemáticas com a de Giandotti, do Soil Conservation Service e de Mockus por serem as mais usadas em Portugal;
- para as restantes bacias, com área inferior ou igual a 5 km², bacias H a Z, os caudais de ponta de cheia foram obtidos apenas por aplicação do método racional.

Adicionalmente identificaram-se também estações hidrométricas com o objetivo de determinar os caudais de ponta de cheia através da análise estatística de caudais instantâneos máximos anuais registados.

Para a aplicação do modelo precipitação-escoamento procedeu-se do seguinte modo:

- identificaram-se os postos pluviométricos localizados no interior das bacias hidrográficas em estudo ou próximo delas, com 30 anos ou mais de registos de precipitação diária máxima anual;
- transformaram-se as precipitações diárias em precipitações em 24h e efetuou-se a análise estatística destas últimas;
- com estes valores traçaram-se polígonos de Thiessen, com o objetivo de determinar a precipitação em 24h máxima anual ponderada para cada bacia;
- determinaram-se os hietogramas de precipitação, com duração de 24h e período de retorno de 10, 50 e 100 anos, mediante a desagregação da precipitação em 24h, através de curvas IDF;
- mediante a aplicação do modelo *HEC-HMS - Hydrologic Modeling System*, da autoria do *Hydrologic Engineering Center, U. S. Army Corps of Engineer*, obtiveram-se hidrogramas de cheias, cujo caudal de ponta será utilizado para dimensionamento da drenagem transversal.

5.2 Estações hidrométricas

Para a determinação de caudais de ponta de cheia a partir da análise estatística de caudais instantâneos máximos anuais, procurou-se obter séries destes caudais, disponíveis no SNIRH e com um mínimo de 30 anos hidrológicos mais recentes, dado que se pretende usar estas séries num período que seja, simultaneamente, estatisticamente significativo e representativo das condições climáticas atuais.

Nas bacias hidrográficas em estudo ou na sua vizinhança foram identificadas as estações hidrométricas, EH, listadas no quadro seguinte e representadas na figura abaixo, todas elas localizadas na bacia hidrográfica do rio Tejo.

Quadro 33 – Estações hidrométricas.

Estação hidrométrica (código)	Localização		Altitude	Linha de água	Área drenada (km²)	Cota zero da escala	Tipo de escala automática	Tipo de escala convencional	Período de observação (anos hidrológicos)
	Latitude (°N)	Longitude (°W)							
Penedos de Alenquer (19C/01H)	39.134	-9.084	123	Rio Alenquer	5.78	-	-	Limnigráfica com descarregador	1980/81 a 1983/84, 1985/86 a 1989/90
Ponte Alenquer (19C/03H)	39.050	-9.004	53	Rio Alenquer	117.89	16.09 (07/08/1980-)	-	Limnigráfica com descarregador	1981/82 a 1982/83 (1985/86 a 1989/90) ¹
Ponte Barnabé (19C/02H)	39.056	-9.013	42	Rio Alenquer	112.83	24.76 (07/08/1980-)	Sensor de nível	Limnigráfica	1979/80 a 1982/83, 1984/85 a 1989/90 (2002/03 a 2004/05, 2015/16, 2018/19 e 2020/21) ¹
Ponte Cadafais (19D/06H)	39.007	-8.952	5	Rio Grande da Pipa	119.94	-	Sensor de nível	-	(2008/09, 2015/16 e 2020/21) ¹
Ponte Cardosas (20C/03H)	38.983	-9.052	65	Rio Grande da Pipa	61.18	53.405 (04/10/2001-)	Sensor de nível	-	(2003/04 a 2004/05 e 2015/16) ¹
Ponte Couraça (19D/05H)	39.016	-8.973	9	Rio Grande da Pipa	112.49	2.679 (04/10/2001-)	Sensor de nível	Escala	1980/81 a 1982/83, 1984/85 a 1985/86 (1997/98) ¹
Ponte Ota (19D/04H)	39.109	-8.987	27	Ribeira da Ota	57.39	20.13 (30/06/1982-)	Sensor de nível	Escala	1979/80 a 1989/90 (2004/05, 2006/07 e 2008/09) ¹
Ponte Precês (19C/04H)	39.018	-9.013	54	Rib ^a da Santana da Carnota	18.43	45.612 (04/10/2001-22/04/2004) 44.602 (23/04/2004-)	Sensor de nível	-	(2002/03 a 2003/04) ¹

1 – Período com registos de nível instantâneo máximo anual

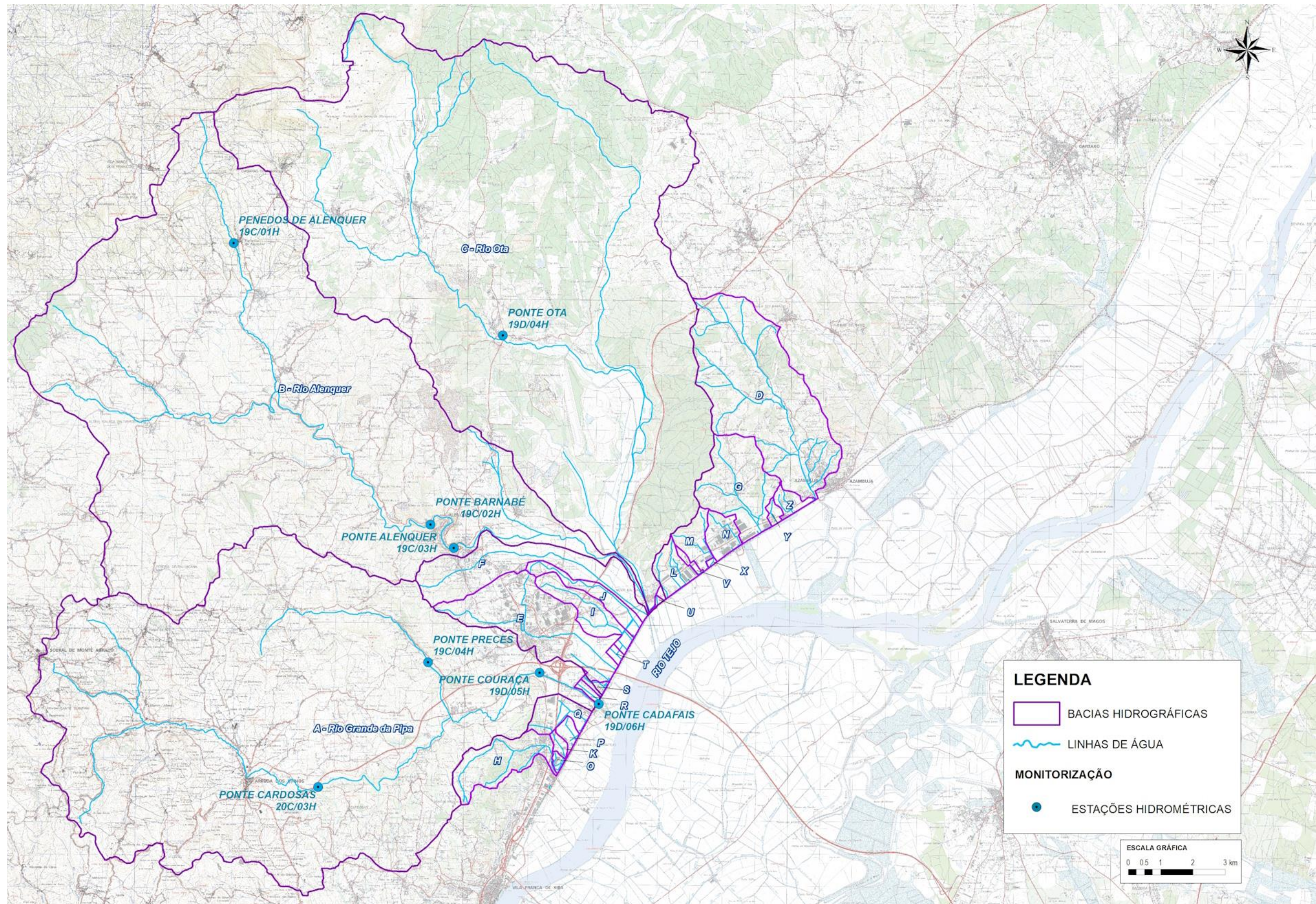


Figura 6 – Estações hidrométricas.

Da análise do quadro anterior concluiu-se que:

- A estação com maior número de registos de caudais instantâneos máximos anuais é a EH de Ponte da Ota (19D/04H), que possui uma amostra com apenas 11 registos o que para efeitos de análise estatística é, efetivamente, insuficiente;
- Não foi possível estender este número de registos por correlação com estações hidrométricas vizinhas, pois todas elas também não possuem registos num período mais alargado que o da EH de Ponte da Ota;
- Avaliou-se, então, a possibilidade de acrescentar mais três anos através da conversão dos três níveis instantâneos máximos anuais em caudais instantâneos máximos anuais; no entanto, tal não foi possível pois os critérios de validade para aplicação da curva de vazão disponível não são respeitados ($N < H_{\min}$ ou $N > H_{\max}$);
- No que se refere à EH de Ponte Barnabé, com 10 registos de caudais instantâneos máximos anuais, foi possível acrescentar mais três anos, resultantes da conversão de níveis instantâneos em caudais instantâneos, ficando-se com um total de 13 valores de caudal, mas que também constituem uma amostra insuficiente.

Perante a nítida escassez de registos para a elaboração de uma análise estatística significativa de caudais instantâneos máximos anuais e a impossibilidade de, a partir destes, determinar caudais de ponta de cheia nas bacias em estudo, optou-se por determinar estes últimos apenas a partir de registos de precipitações intensas, conforme apresentado no restante Estudo Hidrológico.

5.3 Postos Pluviométricos

Para a realização do Estudo Hidrológico, foram consultados os dados disponíveis no SNIRH, relativos a postos pluviométricos na zona das bacias em estudo – Figura 7.

Os postos pluviométricos estudados, a sua localização e os anos hidrológicos em que há registos completos de precipitação diária máxima anual, são indicados no quadro seguinte.

Quadro 34 – Postos pluviométricos

Posto pluviométrico	Código	Localização		Altitude	Bacia hidrográfica	Período de observação (anos)
		Latitude (°N)	Longitude (°W)			
Abrigada	19C/03G	39,1420	-9,0110	2	Tejo	1979/80 a 2000/01, 2004/05 a 2007/08 e 2018/19
Alcoentre	18D/03C	39,2130	-8,9600	69	Tejo	1979/80 a 2002/03, 2004/05 a 2006/07 e 2014/15
Alenquer	19C/10U	39,0580	-9,0120	34	Tejo	1980/81 a 1994/95 e 1996/97 a 2001/02

Posto pluviométrico	Código	Localização		Altitude	Bacia hidrográfica	Período de observação (anos)
		Latitude (°N)	Longitude (°W)			
Arranhó	20C/03G	38,9520	-9,1370	204	Tejo	1979/80 a 1982/83, 1984/85 a 1992/93, 1994/95, 1996/97 a 2001/02, 2004/05 a 2006/07, 2008/09, 2015/16, 2018/19 a 2019/20 e 2021/22
Meca	19C/08C	39,0890	-9,0290	196	Tejo	1979/80 a 2001/02 e 2019/20
Merceana	19C/07G	39,0930	-9,1120	99	Tejo	1979/80 a 1986/87, 1988/89 a 1991/92, 1993/94 a 1994/95, 1996/97, 2002/03 a 2006/07 e 2008/09
Penedos de Alenquer	19C/04C	39,1400	-9,0840	164	Tejo	1980/81 a 2000/01, 2015/16 e 2018/19 a 2019/20
Pontével	19E/03U G	39,1620	-8,8340	99	Tejo	1979/80 a 1984/85, 1986/87 a 1994/95, 1996/97 a 2001/02, 2003/04 a 2004/04, 2006/07, 2008/09 e 2018/19 a 2019/20
Pragança	18C/01G	39,1990	-9,0640	183	Rib ^{as} Oeste	1916/17 a 1917/18, 1919/20, 1922/23, 1928/29 a 1977/78, 1979/80 a 2010/11 e 2015/16 a 2016/17
Ota	19D/02U G	39,1110	-8,9890	39	Tejo	1980/81 a 1992/93, 1995/96 a 2002/03, 2005/06 e 2020/21
Sobral de Monte Agraço	19C/01U G	39,0210	-9,1510	265	Rib ^{as} Oeste	2015/16 a 1985/86, 1987/88 a 1988/89, 1990/91 a 2007/08, 2015/16 e 2017/18 a 2021/22
Vila Franca de Xira	20D/01C	38,9440	-8,9480	1	Tejo	1957/58 a 1977/78, 1979/80 a 2006/07, 2008/09, 2015/16 a 2017/18 e 2019/20 a 2021/22

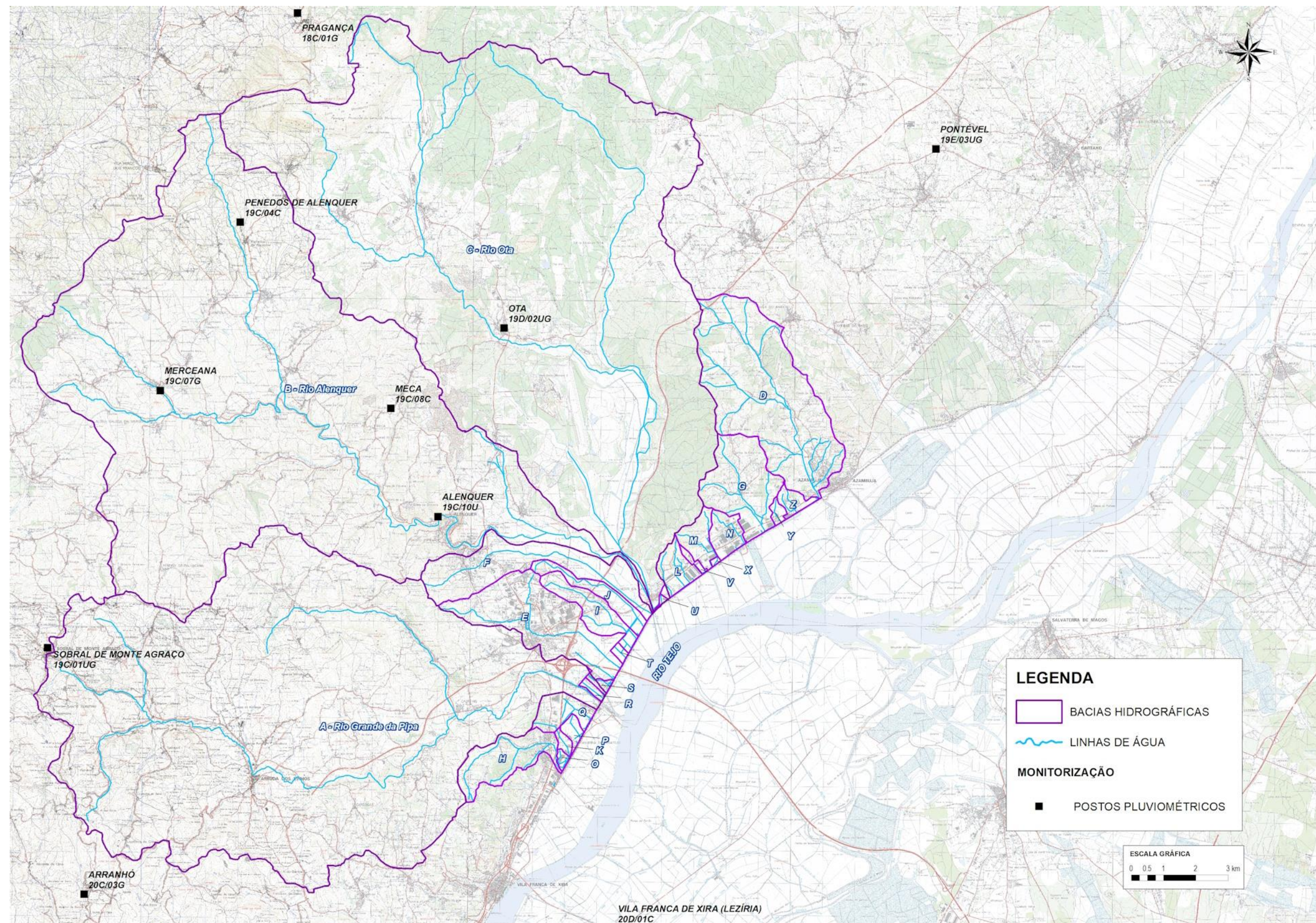


Figura 7 – Postos pluviométricos.

5.4 Modelo precipitação - escoamento

5.4.1 Precipitações máximas anuais nas bacias

Antecedendo a determinação dos hietogramas de precipitação foi efetuada a avaliação das precipitações máximas anuais com 24 h de duração e períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos nas bacias A a D.

Tal avaliação foi realizada com base nas precipitações diárias máximas anuais registadas nos postos pluviométricos que influenciam cada uma das referidas bacias, os quais se encontram localizados na Figura 10 sob a forma de um mapa de polígonos de Thiessen.

As estimativas das precipitações máximas anuais em 24 h com vários períodos de retorno foram determinadas por análise estatística dos registos das precipitações diárias máximas anuais ocorridas nos mesmos.

No quadro seguinte, apresentam-se as séries de precipitação diária máxima anual nesses postos.

Para fazer a conversão para 24h, teve-se em conta que, de acordo com o INAG em BRANDÃO, C. et al., 2001, a relação entre a precipitação máxima anual em 24 h e a precipitação diária máxima anual toma o valor médio de 1,16 no território nacional.

Quadro 35 – Precipitações diárias máximas anuais (mm).

Ano hidrológico	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Ota 19D/02UG	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
1915/1916											34,0	
1916/1917									44,2		44,0	
1917/1918									52,2		37,2	
1918/1919											25,6	
1919/1920									49,2		44,0	
1920/1921											40,0	
1921/1922											47,0	
1922/1923									99,2		74,0	
1923/1924											44,6	
1924/1925											44,4	
1925/1926											72,8	
1926/1927											70,0	
1927/1928											97,8	
1928/1929									47,1		37,7	
1929/1930									38,0		38,4	
1930/1931									48,0		51,4	
1931/1932									36,1		62,6	
1932/1933									36,2		84,0	
1933/1934									34,0		46,6	
1934/1935									38,2		52,4	
1935/1936									40,2		45,2	
1936/1937									43,1		42,0	
1937/1938									64,0		50,2	

Ano hidrológico	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Ota 19D/02UG	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
1938/1939									48,3		30,4	
1939/1940									55,4		34,8	
1940/1941									60,4		33,2	
1941/1942									80,6		38,0	
1942/1943									84,3		42,4	
1943/1944									33,6		50,2	
1944/1945									31,6		30,4	
1945/1946									85,6		52,6	
1946/1947									52,4		75,2	
1947/1948									57,6		40,2	
1948/1949									50,2		56,4	
1949/1950									57,0		46,2	
1950/1951									57,0		48,0	
1951/1952									69,0		64,0	
1952/1953									60,6		55,6	
1953/1954									101,4		133,8	
1954/1955									44,0		42,6	
1955/1956									68,4		104,0	
1956/1957									58,0		62,0	
1957/1958									104,4		66,0	62,4
1958/1959									75,0		56,0	49,1
1959/1960									89,0		50,0	54,3
1960/1961									41,8		56,0	33,8
1961/1962									49,5		40,0	41,5
1962/1963									77,6		60,5	66,1
1963/1964									45,6		40,4	53,0
1964/1965									51,7		60,5	33,7
1965/1966									47,3		70,0	41,1
1966/1967									38,0		35,2	51,5
1967/1968									170,0		137,1	90,6
1968/1969									80,5		65,8	52,5
1969/1970									70,0		44,8	51,0
1970/1971									56,0		39,2	37,5
1971/1972									61,0		34,0	38,8
1972/1973									70,5		33,9	50,5
1973/1974									55,0		47,8	37,0
1974/1975									39,7		35,4	39,0
1975/1976									58,6		58,7	45,2
1976/1977									61,5		49,6	44,1
1977/1978									63,2		59,1	49,6
1978/1979											56,0	
1979/1980	48,5	77,3		58,2	39,2	63,2		50,7	82,0		60,8	64,5
1980/1981	28,5	27,3	31,0	32,7	29,5	32,2	28,8	35,0	30,0	36,9	35,0	28,0
1981/1982	43,5	52,5	56,0	61,1	47,5	51,2	50,2	59,0	47,2	49,2	72,7	62,0
1982/1983	44,0	51,0	38,4	54,6	43,3	50,0	49,5	49,2	59,2	37,9	50,8	48,5
1983/1984	116,3	96,5	106,7		118,4	129,0	129,0	90,0	70,5	113,0	82,2	145,0
1984/1985	44,0	35,5	56,3	41,1	40,6	40,0	52,0	47,8	51,8	40,1	44,2	42,2
1985/1986	39,8	50,0	50,4	36,9	42,1	44,2	35,0		35,5	39,2	44,5	42,4
1986/1987	32,5	60,0	55,0	40,4	35,7	37,2	37,0	38,5	40,0	39,5		47,5
1987/1988	41,1	46,2	46,0	58,5	50,0		38,5	42,5	59,6	47,0	37,8	40,5
1988/1989	48,3	42,6	38,4	40,0	46,1	52,4	43,5	76,0	43,6	41,8	28,7	54,0

Ano hidrológico	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Ota 19D/02UG	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
1989/1990	53,1	54,0	50,7	54,0	64,9	48,7	55,0	50,5	52,6	47,5		46,0
1990/1991	44,3	46,0	47,8	40,0	38,6	49,3	49,0	55,0	53,0	44,0	55,3	61,0
1991/1992	25,7	28,2	26,4	27,1	29,0	29,2	28,0	28,0	30,6	25,0	18,7	29,6
1992/1993	27,5	28,0	41,5	35,7	26,9		32,5	29,0	46,0	29,4	19,8	37,3
1993/1994	69,2	62,7	55,6		60,6	56,1	55,0	47,0	74,6		37,5	40,0
1994/1995	19,0	36,5	29,4	37,8	21,3	21,2	21,5	44,0	28,2		16,2	22,9
1995/1996	53,5	68,2			79,2		60,0		64,3	74,4	46,2	55,5
1996/1997	55,7	57,2	36,3	42,1	40,4	44,4	32,5	36,0	41,4	34,1	30,7	42,0
1997/1998	53,5	61,7	55,2	64,6	48,2		56,5	61,0	58,2	47,1	49,5	82,7
1998/1999	43,5	67,2	41,3	51,0	47,5		30,5	46,0	44,2	41,5	39,5	55,5
1999/2000	51,1	49,0	68,7	89,0	63,3		51,0	40,0	50,2	63,0	58,3	43,0
2000/2001		71,5	66,2	70,5	70,8		54,5	55,0	82,9	54,1	57,3	43,5
2001/2002		34,9	53,2	49,5	40,8			35,5	53,2	37,1	46,5	41,2
2002/2003		86,0				40,5			76,8	25,8	61,5	41,6
2003/2004						33,7		32,0	37,2		35,1	51,7
2004/2005	17,9	53,6		34,3		21,0		25,7	36,9		29,2	20,8
2005/2006	24,6	57,1		24,7		31,3			42,3	25,0	32,0	37,2
2006/2007	41,2	56,8		45,1		41,5		52,8	59,1		47,5	46,7
2007/2008	36,7								34,8		33,3	
2008/2009				32,2		33,9		24,0	38,8			23,1
2009/2010									67,3			
2010/2011									53,6			
2014/2015		43,1										
2015/2016				32,1			36,4		27,6		28,8	41,8
2016/2017									37,5			39,2
2017/2018											38,7	47,5
2018/2019	21,5			3,4			20,7	40,2			31,5	
2019/2020				33,6	35,9		32,6	35,8			38,9	37,8
2020/2021											45,8	47,4
2021/2022				39,0							24,0	27,8
Nº valores	26,0	28,0	21,0	28,0	24,0	21,0	24,0	27,0	88,0	22,0	97,0	56,0
Máximo	116,3	96,5	106,7	89,0	118,4	129,0	129,0	90,0	170,0	113,0	137,1	145,0
Mínimo	17,9	27,3	26,4	3,4	21,3	21,0	20,7	24,0	27,6	25,0	16,2	20,8
Média	43,2	53,6	50,0	43,9	48,3	45,2	45,0	45,4	56,2	45,1	49,5	47,5
Desvio padrão	19,6	16,9	17,3	16,4	20,5	22,1	21,4	14,9	21,2	19,2	20,2	18,5

Ensaíram-se regressões lineares entre os vários postos, com o objetivo de proceder ao preenchimento de falhas e a estender o período comum de registos.

No quadro seguinte apresentam-se já as precipitações máximas anuais em 24 h nos anteriores postos, com as falhas preenchidas no período comum mais recente de 40 anos, entre 1979/80 e 2021/22.

Quadro 36 – Precipitações máximas anuais com 24 h de duração (mm), no período de 1979/80 a 2021/22, após o preenchimento de falhas.

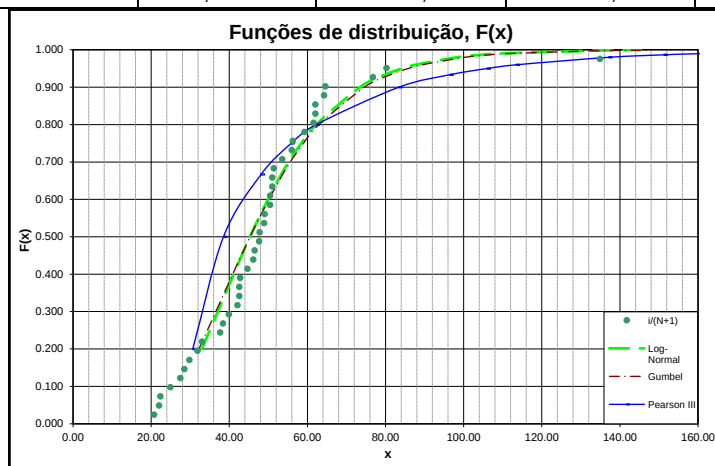
Ano hidrológico	Abrigada	Alcoentre	Alenquer	Arranhó	Meca	Merceana	Penedos de Alenquer	Pontével	Pragança	Ota	Sobral de Monte Agraço	Vila Franca de Xira (Lezíria)
	19C/03G	18D/03C	19C/10U	20C/03G	19C/08C	19C/07G	19C/04C	19E/03UG	18C/01G	19D/02UG	19C/01UG	20D/01C
1979/1980	56,3	89,7	82,0	67,5	45,5	73,3	71,8	58,8	95,1	64,3	70,5	74,8
1980/1981	33,1	31,7	36,0	37,9	34,2	37,4	33,4	40,6	34,8	42,8	40,6	32,5
1981/1982	50,5	60,9	65,0	70,9	55,1	59,4	58,2	68,4	54,8	57,1	84,3	71,9
1982/1983	51,0	59,2	44,5	63,3	50,2	58,0	57,4	57,1	68,7	44,0	58,9	56,3
1983/1984	134,9	111,9	123,8	123,2	137,3	149,6	149,6	104,4	81,8	131,1	95,4	168,2
1984/1985	51,0	41,2	65,3	47,7	47,1	46,4	60,3	55,4	60,1	46,5	51,3	49,0
1985/1986	46,2	58,0	58,5	42,8	48,8	51,3	40,6	52,8	41,2	45,5	51,6	49,2
1986/1987	37,7	69,6	63,8	46,9	41,4	43,2	42,9	44,7	46,4	45,8	55,2	55,1
1987/1988	47,7	53,6	53,4	67,9	58,0	50,6	44,7	49,3	69,1	54,5	43,8	47,0
1988/1989	56,0	49,4	44,5	46,4	53,5	60,8	50,5	88,2	50,6	48,5	33,3	62,6
1989/1990	61,6	62,6	58,8	62,6	75,3	56,5	63,8	58,6	61,0	55,1	51,3	53,4
1990/1991	51,4	53,4	55,4	46,4	44,8	57,2	56,8	63,8	61,5	51,0	64,1	70,8
1991/1992	29,8	32,7	30,6	31,4	33,6	33,9	32,5	32,5	35,5	29,0	21,7	34,3
1992/1993	31,9	32,5	48,1	41,4	31,2	34,8	37,7	33,6	53,4	34,1	23,0	43,3
1993/1994	80,3	72,7	64,5	66,4	70,3	65,1	63,8	54,5	86,5	57,2	43,5	46,4
1994/1995	22,0	42,3	34,1	43,8	24,7	24,6	24,9	51,0	32,7	22,4	18,8	26,6
1995/1996	62,1	79,1	73,9	75,4	91,9	65,1	69,6	60,8	74,6	86,3	53,6	64,4
1996/1997	64,6	66,4	42,1	48,8	46,9	51,5	37,7	41,8	48,0	39,6	35,6	48,7
1997/1998	62,1	71,6	64,0	74,9	55,9	65,1	65,5	70,8	67,5	54,6	57,4	95,9
1998/1999	50,5	78,0	47,9	59,2	55,1	53,5	35,4	53,4	51,3	48,1	45,8	64,4
1999/2000	59,3	56,8	79,7	103,2	73,4	62,3	59,2	46,4	58,2	73,1	67,6	49,9
2000/2001	44,7	82,9	76,8	81,8	82,1	47,6	63,2	63,8	96,2	62,8	66,5	50,5
2001/2002	42,1	40,5	61,7	57,4	47,3	45,1	43,5	41,2	61,7	43,0	53,9	47,8
2002/2003	42,6	99,8	89,8	90,6	89,2	47,0	45,4	50,2	89,1	29,9	71,3	48,3
2003/2004	53,6	59,2	58,6	60,8	55,3	39,1	37,5	37,1	43,2	34,8	40,7	60,0
2004/2005	20,8	62,2	60,9	39,8	58,6	24,4	22,7	29,8	42,8	22,2	33,9	24,1
2005/2006	28,5	66,2	64,0	28,7	61,8	36,3	34,7	44,1	49,1	29,0	37,1	43,2
2006/2007	47,8	65,9	63,7	52,3	61,6	48,1	46,5	61,2	68,6	42,6	55,1	54,2
2007/2008	42,6	47,4	49,5	52,1	44,5	45,5	43,8	49,4	40,4	40,4	38,6	47,3
2008/2009	22,4	26,0	32,9	37,4	24,7	39,3	37,7	27,8	45,0	35,0	40,4	26,8
2009/2010	76,8	81,0	76,7	89,8	75,3	79,8	78,3	69,4	78,1	65,7	65,2	85,3
2010/2011	64,3	66,9	64,5	64,4	62,4	67,3	65,7	62,1	62,2	52,1	55,7	71,3
2014/2015	46,5	50,0	51,5	53,9	48,6	52,5	46,4	52,7	52,8	45,8	45,5	50,8
2015/2016	42,8	47,7	49,8	37,2	44,8	45,7	42,2	49,5	32,0	40,6	33,4	48,5
2016/2017	39,9	44,7	47,4	50,0	42,0	42,9	41,3	47,9	43,5	38,0	42,5	45,5
2017/2018	49,1	54,3	54,9	57,2	50,8	52,0	50,5	53,1	55,6	45,9	44,9	55,1
2018/2019	24,9	28,7	35,1	3,9	27,3	27,8	24,0	46,6	24,4	25,2	36,5	27,8
2019/2020	38,4	44,3	47,1	39,0	41,6	41,3	37,8	41,5	49,2	36,8	45,1	43,8
2020/2021	49,0	54,2	54,8	57,1	50,7	51,9	50,3	53,1	55,4	45,8	53,1	55,0
2021/2022	27,5	31,4	37,2	45,2	29,8	30,4	28,8	40,6	50,2	27,4	27,8	32,2
Nº valores	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Máximo	134,9	111,9	123,8	123,2	137,3	149,6	149,6	104,4	96,2	131,1	95,4	168,2
Mínimo	20,8	26,0	30,6	3,9	24,7	24,4	22,7	27,8	24,4	22,2	18,8	24,1
Média	48,6	58,2	57,8	56,7	54,3	51,6	49,9	52,7	56,8	47,3	48,9	54,6
Desvio padrão	19,92	19,43	17,79	21,50	21,22	20,44	21,31	14,73	17,42	19,28	16,27	24,08

Com as precipitações em 24h de cada posto pluviométrico, foram realizadas análises estatísticas, a fim de obter a distribuição de probabilidade que melhor se adapta aos registos, considerando as leis Log-Normal (Galton), Gumbel e Gama 3P (Pearson III), que geralmente são adequadas para representar eventos extremos.

Os resultados da análise estatística são apresentados nos quadros seguintes.

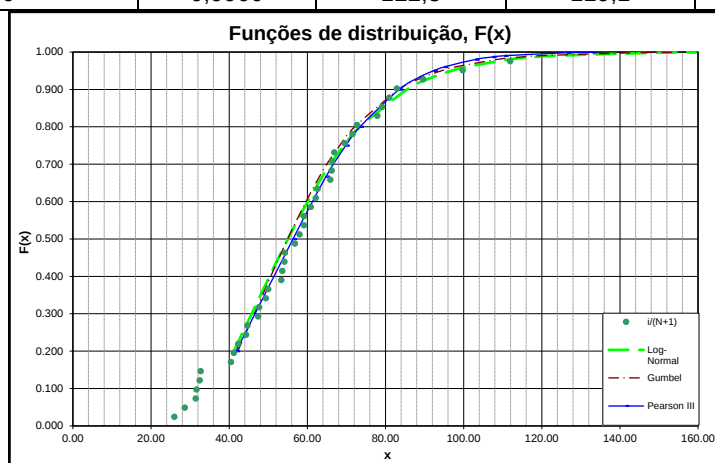
Quadro 37 – Posto pluviométrico de Abrigada. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	73,5	74,6	83,4
50	0,9800	98,3	100,2	137,1
100	0,9900	108,9	111,1	161,4



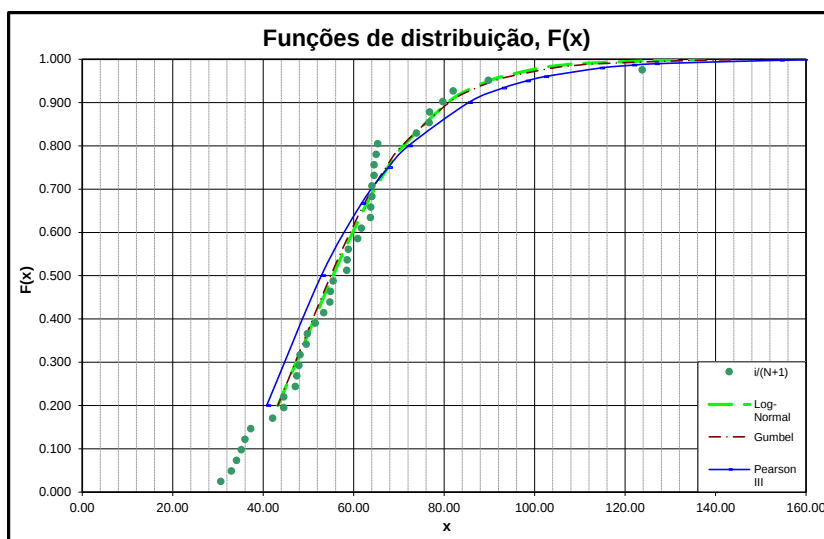
Quadro 38 – Posto pluviométrico de Alcoentre. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	85,5	83,5	83,5
50	0,9800	111,6	108,5	103,0
100	0,9900	122,5	119,1	110,5



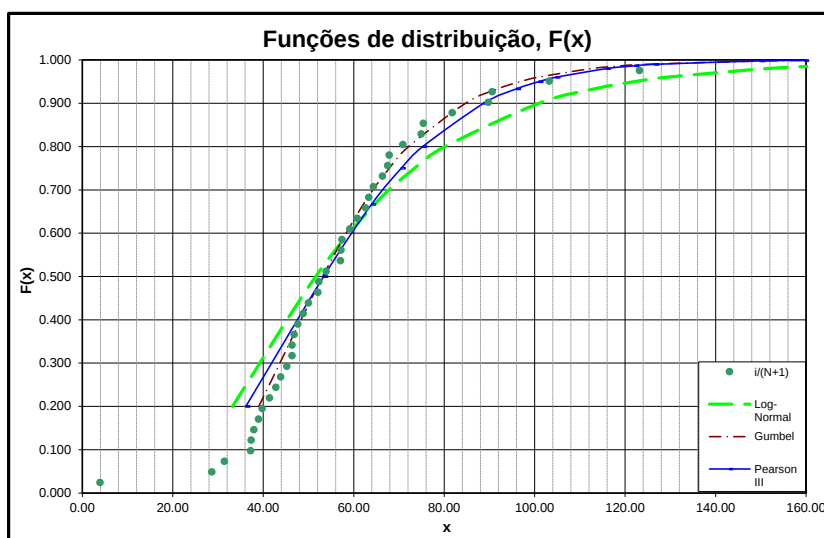
Quadro 39 – Posto pluviométrico de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	80,8	81,0	85,4
50	0,9800	101,4	103,9	114,5
100	0,9900	109,8	113,6	126,7



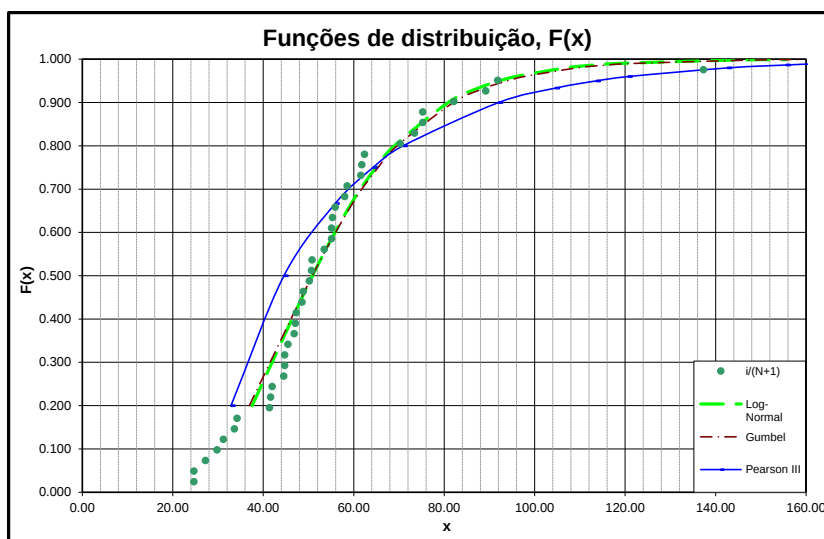
Quadro 40 – Posto pluviométrico de Arranhó. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	100,9	84,7	87,7
50	0,9800	151,2	112,4	115,9
100	0,9900	174,4	124,1	126,5



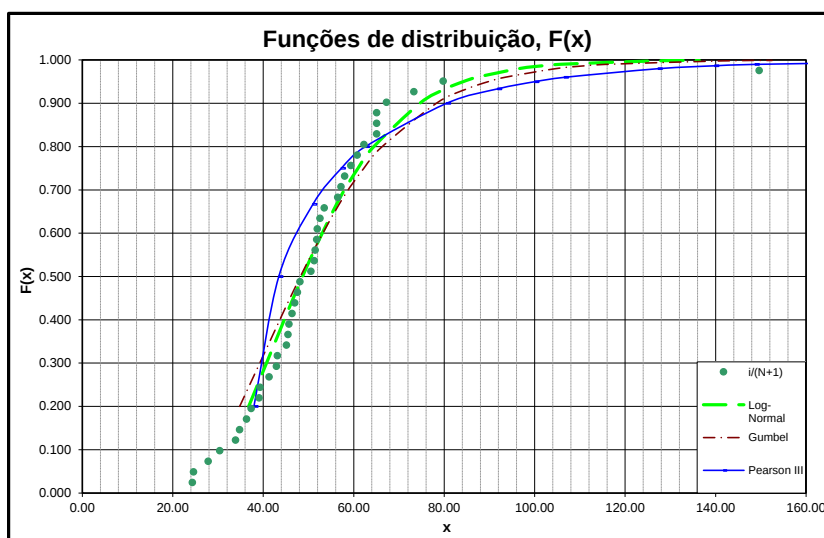
Quadro 41 – Posto pluviométrico de Meca. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	80,9	82,0	90,2
50	0,9800	107,0	109,3	142,7
100	0,9900	118,0	120,9	164,9



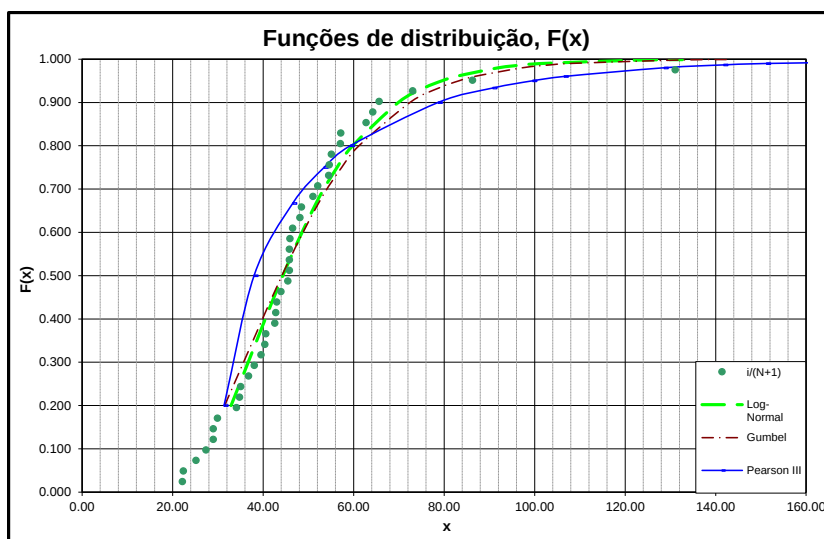
Quadro 42 – Posto pluviométrico de Merceana. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	74,6	78,3	85,0
50	0,9800	96,5	104,6	127,3
100	0,9900	105,7	115,7	148,7



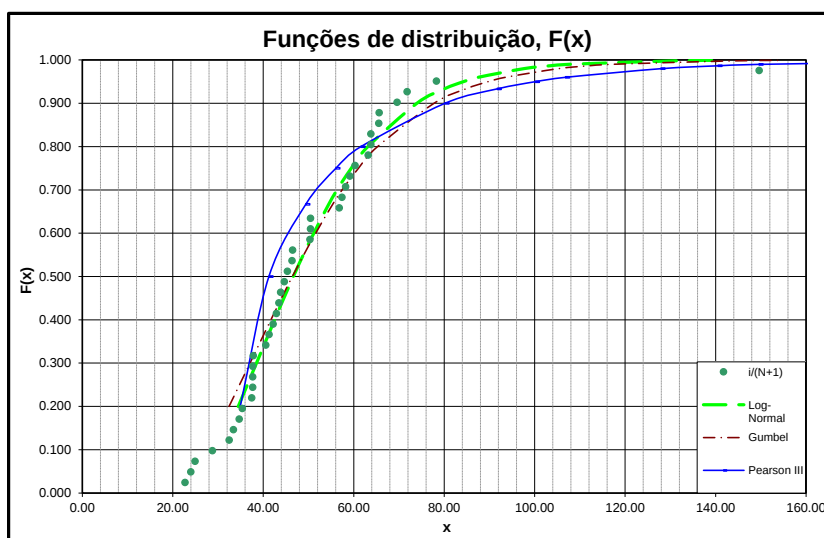
Quadro 43 – Posto pluviométrico de Ota. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	69,9	72,5	78,7
50	0,9800	91,9	97,3	128,6
100	0,9900	101,2	107,8	151,3



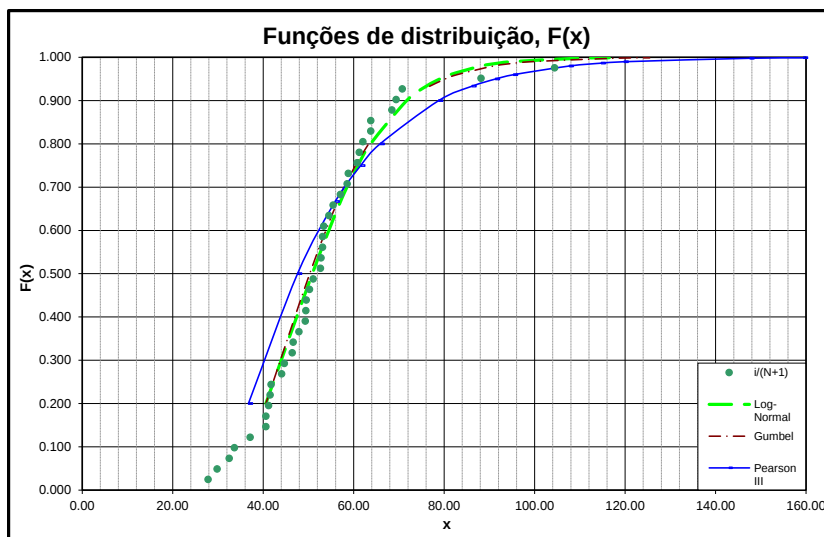
Quadro 44 – Posto pluviométrico de Penedos de Alenquer. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	74,0	77,7	80,2
50	0,9800	84,3	105,2	127,9
100	0,9900	107,7	116,8	149,6



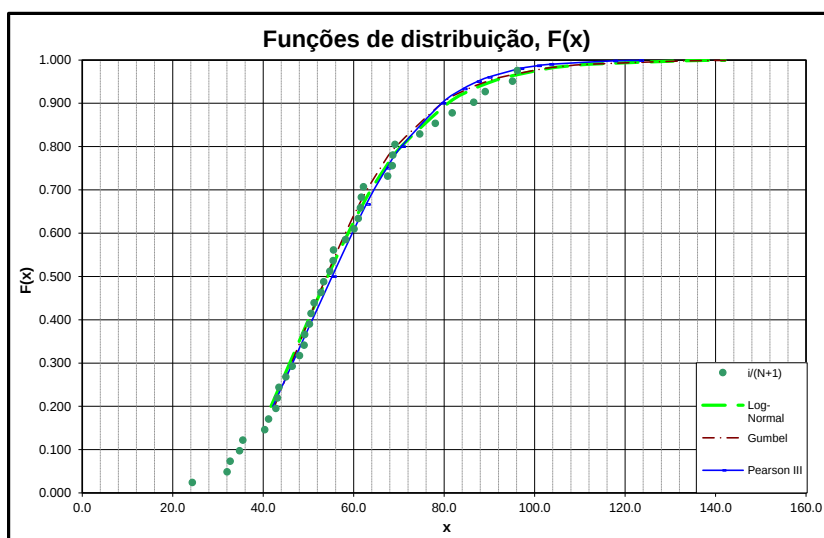
Quadro 45 – Posto pluviométrico de Pontével. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	71,7	71,9	78,8
50	0,9800	88,2	90,9	107,6
100	0,9900	94,9	98,9	119,8



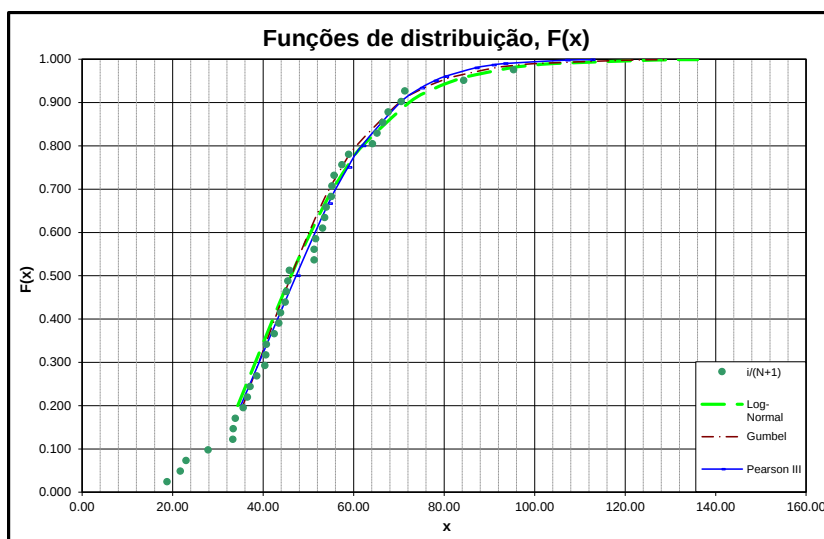
Quadro 46 – Posto pluviométrico de Pragança. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	80,9	79,5	79,4
50	0,9800	102,9	102,0	96,7
100	0,9900	112,0	111,4	103,3



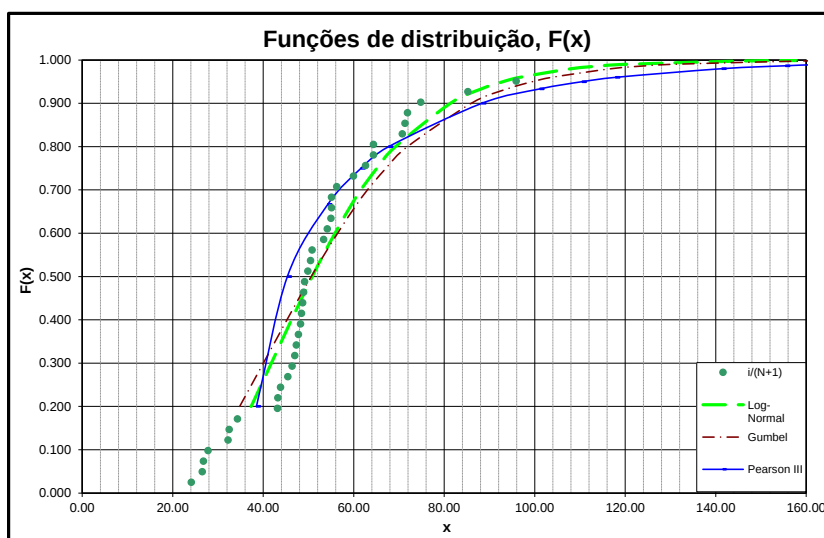
Quadro 47 – Posto pluviométrico de Sobral de Monte Agraço. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	72,3	70,1	70,3
50	0,9800	94,7	91,0	86,8
100	0,9900	104,2	99,9	93,2



Quadro 48 – Posto pluviométrico de vila Franca de Xira. Ajustamento de distribuições de probabilidade às precipitações em 24h máximas anuais (mm).

T	F(x)	Log-Normal (Galton)	Gumbel	Gama 3P (Pearson III)
10	0,9000	81,3	86,0	88,3
50	0,9800	107,9	117,0	141,4
100	0,9900	119,3	130,1	165,5



A distribuição de probabilidade Gumbel deu os melhores resultados de ajuste visual em praticamente todas as estações pluviométricas e, portanto, foi escolhida para todos os postos pluviométricos.

Assim, os valores máximos anuais de precipitação em 24h com período de retorno de 10, 50 e 100 anos, nos postos pluviométricos, são os resumidos no quadro seguinte.

Quadro 49 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

Período de retorno T (anos)	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Ota 19D/02UG	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pontével 19E/03UG	Pragança 18C/01G	Sobral de Monte Agraço 19C/01UG	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C
10	74,6	83,5	81,0	84,7	82,0	78,3	72,5	77,7	71,9	79,5	70,1	86,0
50	100,2	108,5	103,9	112,4	109,3	104,6	97,3	105,2	90,9	102,0	91,0	117,0
100	111,1	119,1	113,6	124,1	120,9	115,7	107,8	116,8	98,9	111,4	99,9	130,1

A precipitação em 24 h máxima anual ponderada sobre cada bacia hidrográfica foi determinada com base nos polígonos de Thiessen, apresentados na figura seguinte.

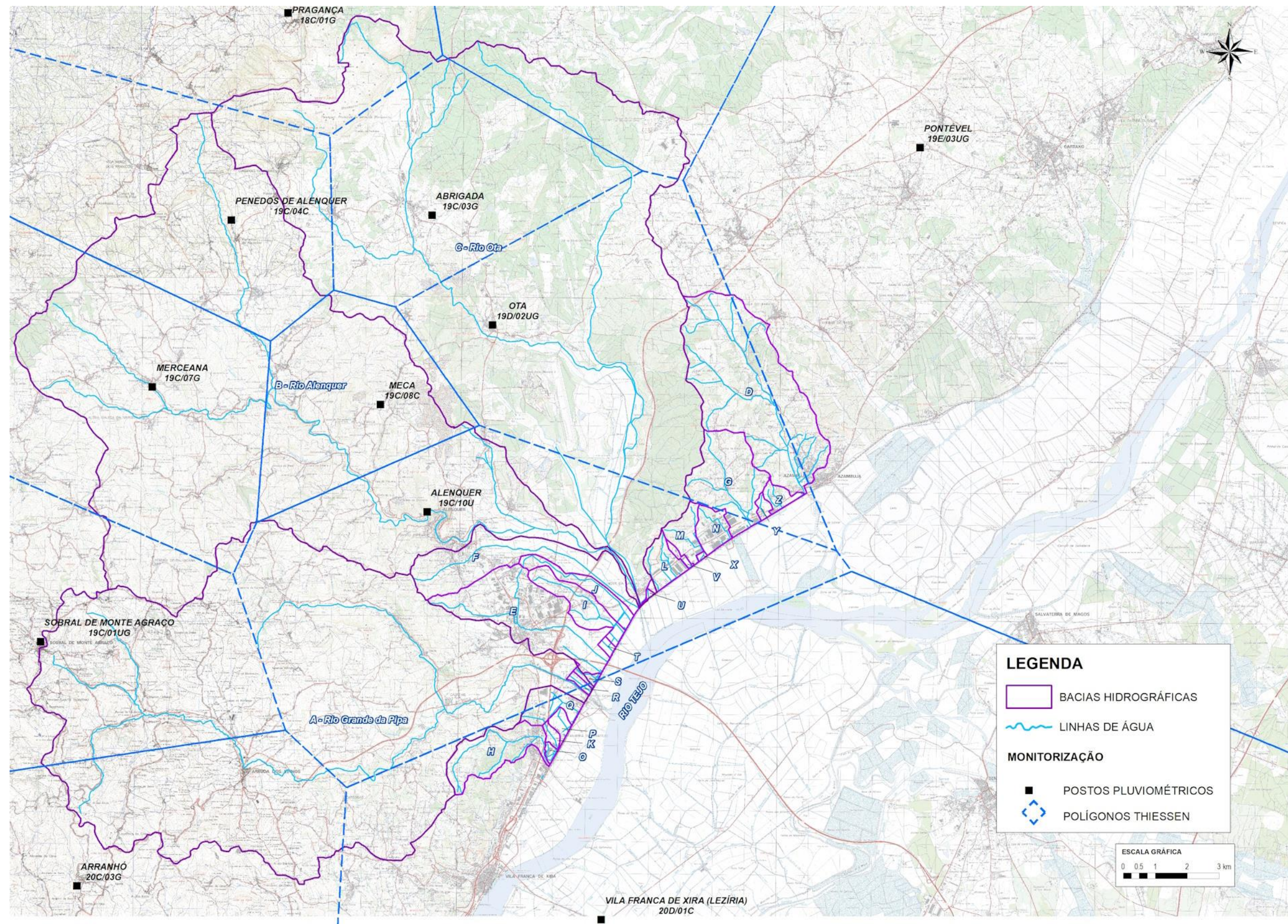


Figura 8 – Polígonos de Thiessen.

Nos quadros seguintes apresentam-se os valores da precipitação em 24 h máxima anual para os três períodos de retorno, para cada uma das bacias em estudo.

Quadro 50 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica A.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos				Bacia hidrográfica A
	Alenquer 19C/10U	Arranhó 20C/03G	Merceana 19C/07G	Vila Franca de Xira (Lezíria) 20D/01C	
	Área de influência (km²)				Área total (km²)
	52.01	49.05	7.63	8.75	117.44
	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
10	81,0	84,7	78,3	86,0	82,7
50	103,9	112,4	104,6	117,0	108,5
100	113,6	124,1	115,7	130,1	119,4

Quadro 51 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica B.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos				Bacia hidrográfica B
	Alenquer 19C/10U	Meca 19C/08C	Merceana 19C/07G	Penedos de Alenquer 19C/04C	
	Área de influência (km²)				Área total (km²)
	22.32	26.73	53.88	25.75	128.68
	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
10	81,0	82	78,3	77,7	79,4
50	103,9	109,3	104,6	105,2	105,6
100	113,6	120,9	115,7	116,8	116,6

Quadro 52 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica C.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos							Bacia hidrográfica C
	Abrigada 19C/03G	Alcoentre 18D/03C	Alenquer 19C/10U	Meca 19C/08C	Ota 19D/02UG	Penedos de Alenquer 19C/04C	Pragança 18C/01G	
	Área de influência (km²)							Área total (km²)
	44.03	11.84	11.62	3.30	56.59	9.99	8.65	146.01
	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
10	74,6	83,5	81,0	82	72,5	77,7	79,5	75,7
50	100,2	108,5	103,9	109,3	97,3	105,2	102	100,7
100	111,1	119,1	113,6	120,9	107,8	116,8	111,4	111,3

Quadro 53 – Precipitação em 24h máxima anual (mm), para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, sobre a bacia hidrográfica D.

Período de retorno T (anos)	Postos pluviométricos		Bacia hidrográfica D
	Ota 19D/02UG	Pontével 19E/03UG	
	Área de influência (km²)		Área total (km²)
	11.67	4.42	16.09
	P (mm)	P (mm)	P (mm)
10	72,5	71,9	72,3
50	97,3	90,9	95,5
100	107,8	98,9	105,4

5.4.2 Curvas de possibilidade udométrica

Para, a partir das precipitações com 24 h de duração e diferentes períodos de retornos, estabelecidas nos quadros anteriores para as bacias A a D, determinar curvas de possibilidade udométrica completas para estas mesmas bacias, utilizou-se o seguinte procedimento:

- Pela proximidade à área em estudo, tomou-se a curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) disponível em Brandão, C., et al., 1997, 1998, 2001 e 2004, para a posto udométrico de São Julião do Tojal (20C/01C) pertencente à rede meteorológica do SHIRH, apresentada no Quadro 54;
- Calculou-se, com base nesta curva, a correspondente PDF e, a partir desta, os valores das relações P_d/P_{24} , entre as precipitações com durações d , compreendidas entre 30 min e 24 h, e as precipitações com 24 h de duração - Quadro 56.

Quadro 54 – Curvas IDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).

Períodos de retorno (anos)	Curvas IDF – i (mm/h) = $a \times t^b$ (min)					
	Duração entre 5 e 30 min		Duração entre 30min e 6h		Duração entre 6h e 48h	
	a	b	a	b	a	b
10	284,64	-0,561	265,17	-0,525	1122,7	-0,77
50	398,37	-0,567	327,90	-0,500	1837,5	-0,792
100	433,58	-0,569	355,32	-0,493	2147,2	-0,797

No quadro seguinte apresenta-se as curvas PDF para os mesmos períodos de retorno.

Quadro 55 – Curvas PDF do posto de São Julião do Tojal (20C/01C).

Períodos de retorno (anos)	Curvas PDF – P (mm) = $a \times t^b$ (h)					
	Duração entre 5 e 30 min		Duração entre 30min e 6h		Duração entre 6h e 48h	
	a	b	a	b	a	b
10	28,63	0,439	30,90	0,475	47,98	0,230
50	39,09	0,433	42,33	0,500	71,77	0,208
100	42,20	0,431	47,21	0,507	82,16	0,203

Quadro 56 – Relações Pd/P24 posto de São Julião do Tojal (20C/01C).

Duração d		Pd (mm)			Pd/P24		
(min)	(h)	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
30	0,5	22,2	29,9	33,2	0,223	0,215	0,212
60	1,0	30,9	42,3	47,2	0,310	0,305	0,301
90	1,5	37,5	51,8	58,0	0,376	0,373	0,370
120	2,0	42,9	59,9	67,1	0,431	0,431	0,428
150	2,5	47,8	66,9	75,1	0,479	0,481	0,480
180	3,0	52,1	73,3	82,4	0,522	0,527	0,526
210	3,5	56,0	79,2	89,1	0,562	0,570	0,569
240	4,0	59,7	84,7	95,3	0,599	0,609	0,609
270	4,5	63,1	89,8	101,2	0,633	0,646	0,646
300	5,0	66,4	94,7	106,8	0,666	0,681	0,682
330	5,5	69,4	99,3	112,0	0,697	0,714	0,715
360	6,0	72,4	103,7	117,1	0,726	0,746	0,748
390	6,5	73,8	105,9	120,1	0,740	0,762	0,767
420	7,0	75,1	107,6	122,0	0,753	0,774	0,779
450	7,5	76,3	109,1	123,7	0,765	0,785	0,790
480	8,0	77,4	110,6	125,3	0,777	0,796	0,800
510	8,5	78,5	112,0	126,9	0,788	0,806	0,810
540	9,0	79,5	113,4	128,3	0,798	0,815	0,819
570	9,5	80,5	114,6	129,8	0,808	0,825	0,829
600	10,0	81,5	115,9	131,1	0,818	0,834	0,837
630	10,5	82,4	117,0	132,4	0,827	0,842	0,846
660	11,0	83,3	118,2	133,7	0,836	0,850	0,854
690	11,5	84,1	119,3	134,9	0,844	0,858	0,861
720	12,0	85,0	120,3	136,1	0,853	0,866	0,869
750	12,5	85,8	121,4	137,2	0,861	0,873	0,876
780	13,0	86,6	122,4	138,3	0,868	0,880	0,883
810	13,5	87,3	123,3	139,4	0,876	0,887	0,890
840	14,0	88,0	124,3	140,4	0,883	0,894	0,896
870	14,5	88,8	125,2	141,4	0,891	0,900	0,903
900	15,0	89,4	126,1	142,4	0,898	0,907	0,909
930	15,5	90,1	126,9	143,3	0,904	0,913	0,915
960	16,0	90,8	127,8	144,2	0,911	0,919	0,921
990	16,5	91,4	128,6	145,1	0,917	0,925	0,927
1020	17,0	92,1	129,4	146,0	0,924	0,931	0,932
1050	17,5	92,7	130,2	146,9	0,930	0,936	0,938
1080	18,0	93,3	130,9	147,7	0,936	0,942	0,943
1110	18,5	93,9	131,7	148,6	0,942	0,947	0,949
1140	19,0	94,4	132,4	149,4	0,948	0,953	0,954
1170	19,5	95,0	133,1	150,2	0,953	0,958	0,959

Duração d		Pd (mm)			Pd/P24		
(min)	(h)	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
1200	20,0	95,6	133,8	150,9	0,959	0,963	0,964
1230	20,5	96,1	134,5	151,7	0,964	0,968	0,969
1260	21,0	96,6	135,2	152,4	0,970	0,973	0,973
1290	21,5	97,2	135,9	153,2	0,975	0,977	0,978
1320	22,0	97,7	136,5	153,9	0,980	0,982	0,982
1350	22,5	98,2	137,2	154,6	0,985	0,987	0,987
1380	23,0	98,7	137,8	155,3	0,990	0,991	0,991
1410	23,5	99,2	138,4	156,0	0,995	0,996	0,996
1440	24,0	99,7	139,0	156,6	1,000	1,000	1,000

5.4.3 Hietogramas de precipitação

Após terem sido definidas as relações Pd/P24 para o período de retorno de 10, 50 e 100 anos, foi possível definir hietogramas de precipitação com os mesmos períodos de retorno, para as bacias A a D.

Para compor os referidos hietogramas, foram consideradas chuvadas com duração total de 24 h.

Os procedimentos adotados para a composição dos hietogramas foram os seguintes:

- Aplicação da relação $0,133 \times t_c$, em que t_c é o tempo de concentração (Quadro 32 do Capítulo 1), para a determinação da duração de cada bloco de precipitação. Tal relação conduziu a valores entre 0,53 h para a bacia D e 1,30 h para a bacia B. Para uniformizar os hietogramas, a duração de cada bloco de precipitação foi fixada em 0,5 h para todas as bacias.
- Cada bloco de precipitação, para um dado período de retorno, corresponde à diferença entre a precipitação com determinada duração t e a precipitação com duração $t - \Delta t$.
- A disposição dos blocos foi efetuada, conforme ilustrado na figura seguinte, colocando o bloco de maior intensidade, com 0,5 h de duração, no centro do hietograma e distribuição da remanescente precipitação com 23 horas de duração em blocos, também com 0,5 h de duração, dispostos alternadamente à esquerda e à direita do bloco central, por ordem decrescente de intensidades de precipitação - Figura 9.
- Todas as precipitações foram corrigidas em função da sua duração e da área da bacia hidrográfica, conforme proposto por Chow et al. (1988).

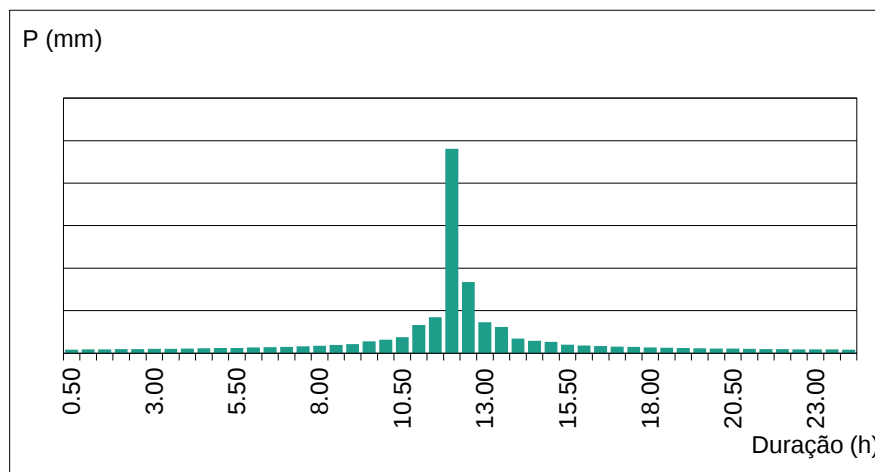


Figura 9 - Modo de distribuição dos blocos de precipitação.

Nas Figura 10 a Figura 21, são apresentados os hietogramas com 24 h de duração determinados segundo os procedimentos que se acabam de descrever.

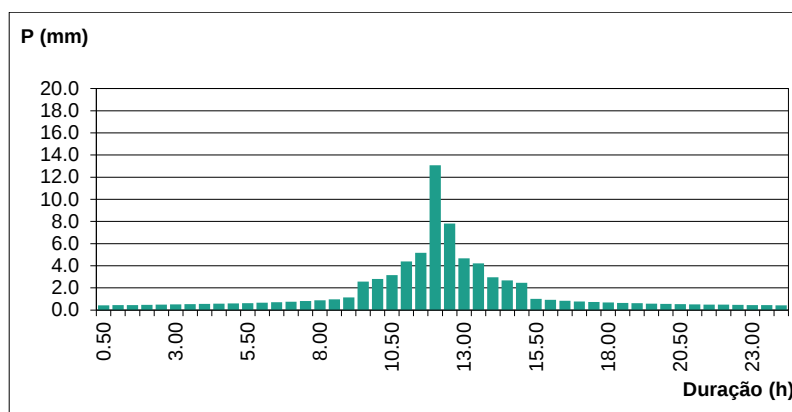


Figura 10 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.

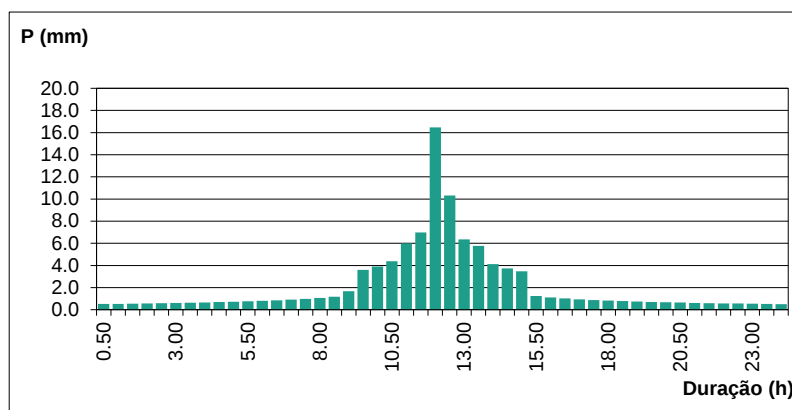


Figura 11 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.

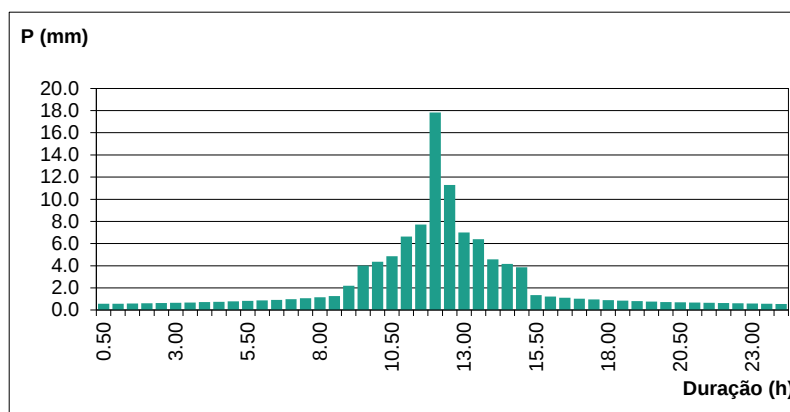


Figura 12 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.

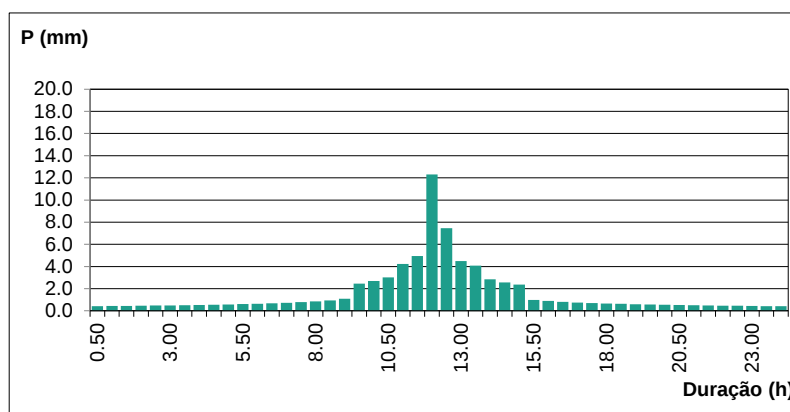


Figura 13 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.

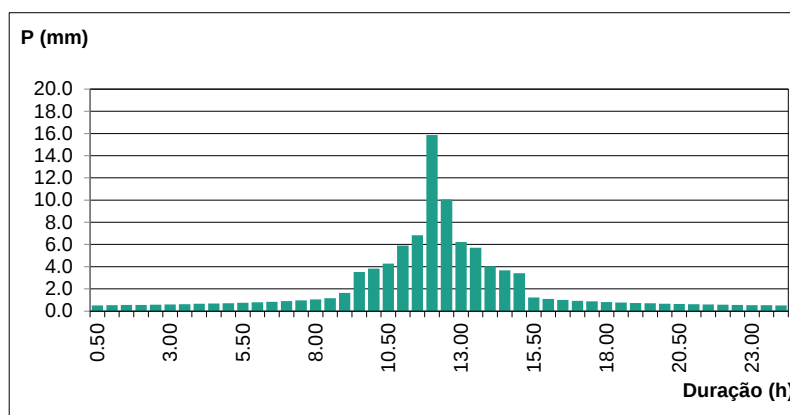


Figura 14 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.

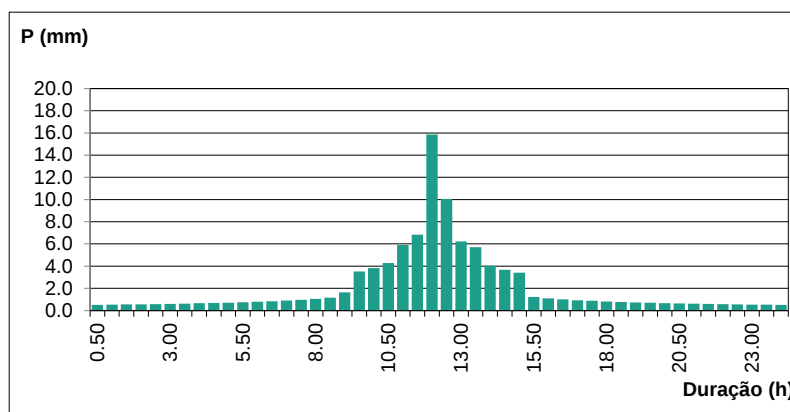


Figura 15 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.

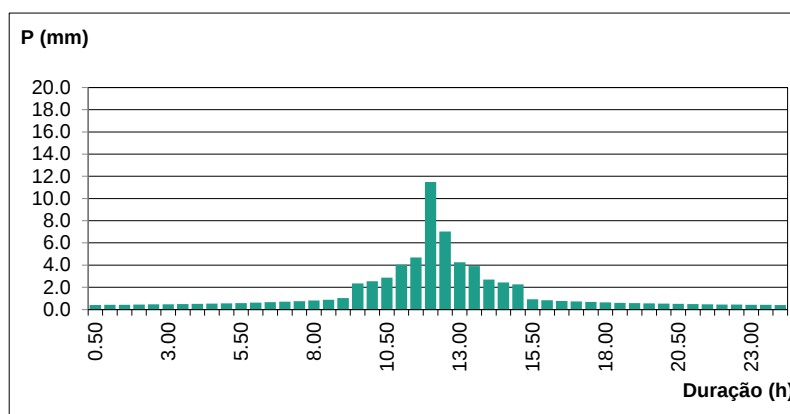


Figura 16 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.

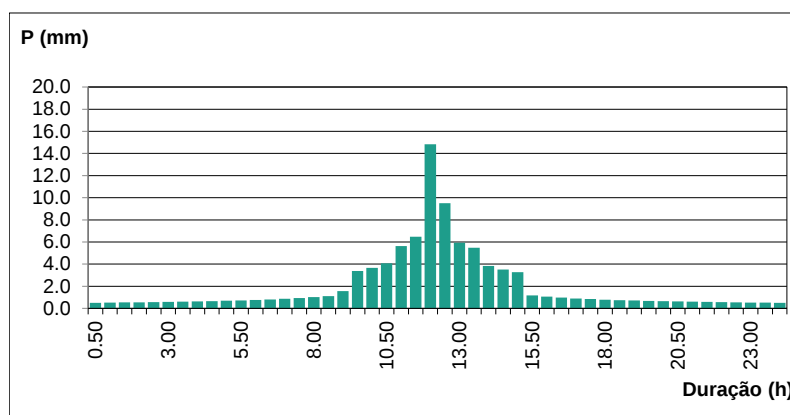


Figura 17 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.

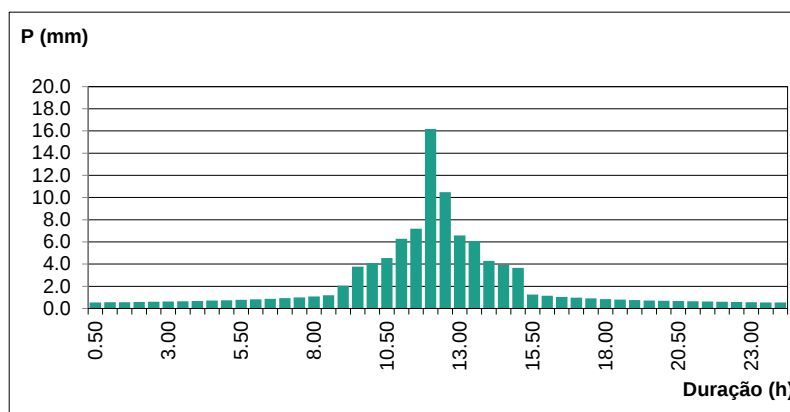


Figura 18 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.

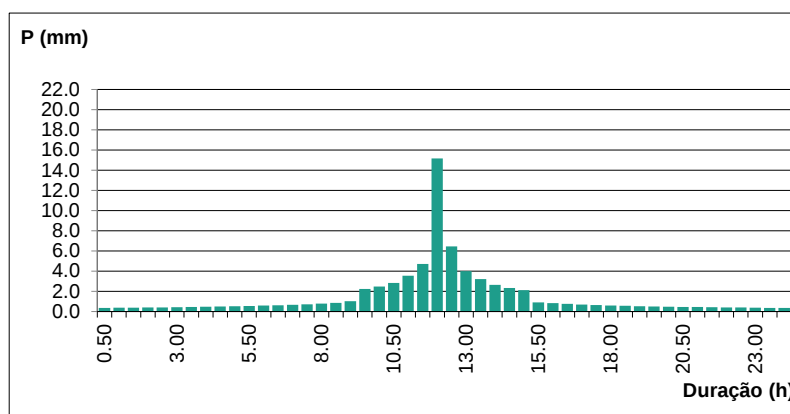


Figura 19 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.

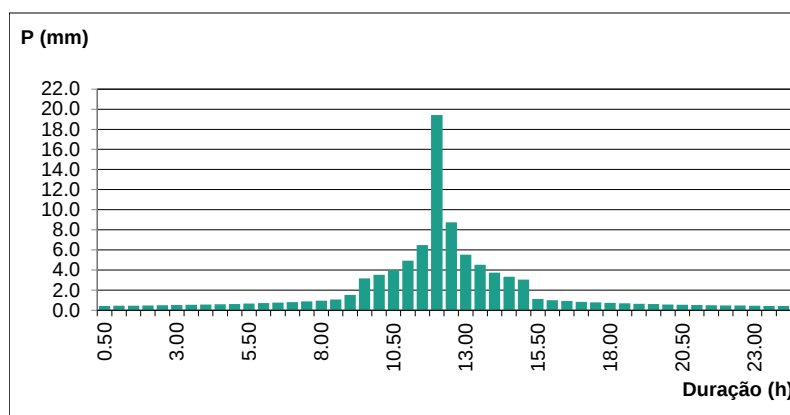


Figura 20 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.

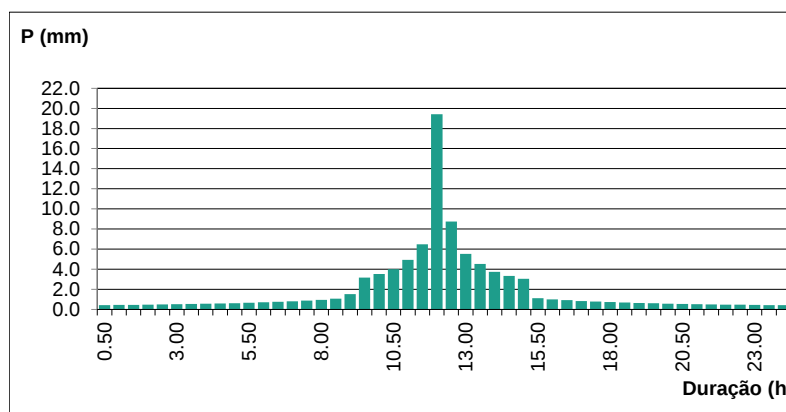


Figura 21 – Hietograma de precipitação da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.

5.4.4 Hidrogramas de cheia

Como já referido, os hidrogramas de cheia das bacias hidrográficas A a D foram determinados por convolução dos respetivos hietogramas, com o hidrograma unitário sintético do *Soil Conservation Service*, realizada por intermédio do modelo HEC-HMS.

O hidrograma unitário do S.C.S é caracterizado pelo tempo de atraso (lag time), dado pela expressão:

$$t_{lag} = 0,6 \times t_c$$

onde t_{lag} é o tempo de atraso e t_c é o tempo de concentração da bacia.

Os tempos de concentração determinados para as bacias em estudo encontram-se indicados no Quadro 32 do Capítulo 1 obtendo-se, assim, os seguintes tempos de atraso:

- Bacia A - $t_{lag} = 277$ min;
- Bacia B - $t_{lag} = 353$ min;
- Bacia C - $t_{lag} = 299$ min;
- Bacia D - $t_{lag} = 144$ min;

As bacias hidrográficas foram, ainda, caracterizadas pelo número de escoamento, CN. Estes valores encontram-se indicados no Quadro 31 do Capítulo 1.

Os números de escoamento referentes a condições AMCII, foram utilizados para calcular hidrogramas com 10 anos de período de retorno.

No entanto, para o estudo de cheias com períodos de retorno muito elevados, superiores ou iguais a 100 anos, é prudente admitir que o solo se encontra saturado no início da precipitação intensa o que corresponde a condições AMCIII.

Para períodos de retorno intermédios, T = 50 anos foram adotados valores de CN médios entre AMCII e AMCIII.

No quadro seguinte resumem-se os números de escoamento CN determinados para cada uma das bacias e em função do período de retorno.

Quadro 57 – Valores de CN em função do período de retorno.

Bacia Hidrográfica	Números de escoamento		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	81	86,5	92
B	72	79,0	86
C	62	70,5	79
D	64	72,5	81

Em resultado da aplicação do modelo HE-HMS, obtiveram-se, para cada uma das bacias em estudo, os hidrogramas de cheia apresentados nas figuras seguintes.

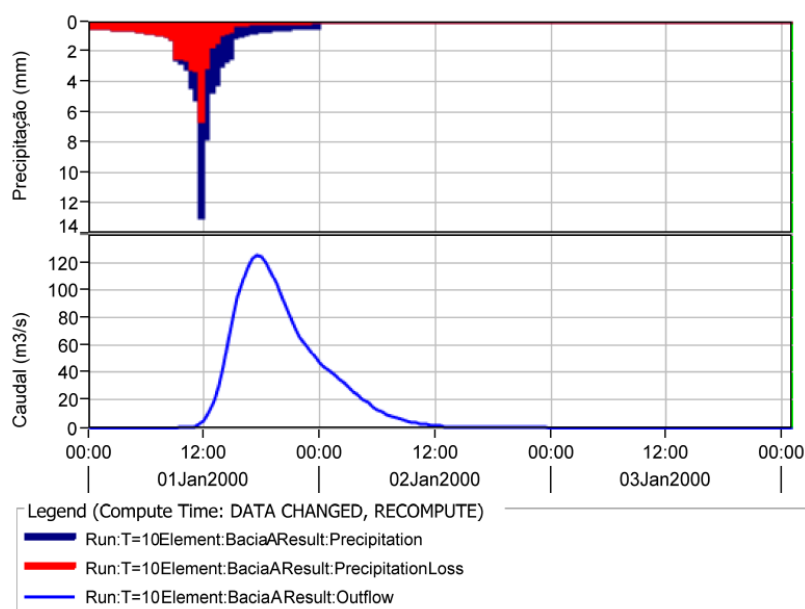


Figura 22 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 10 anos.

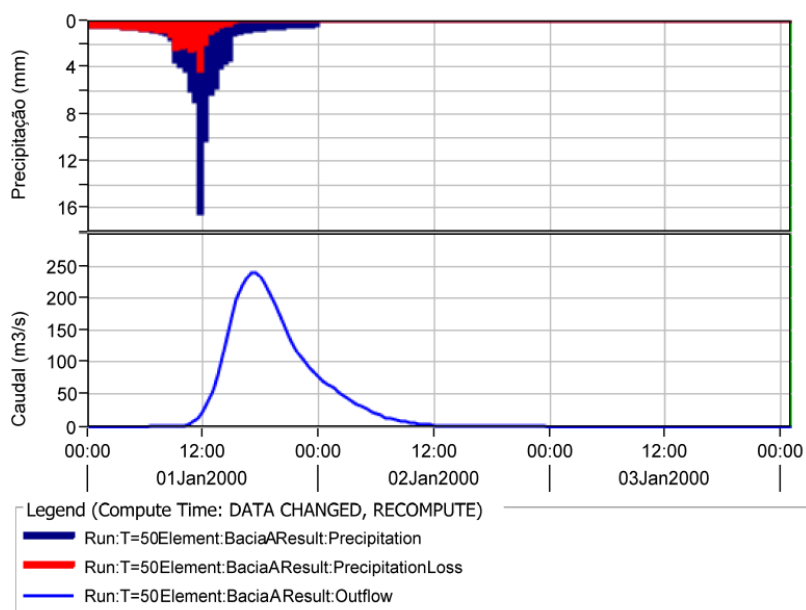


Figura 23 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 50 anos.

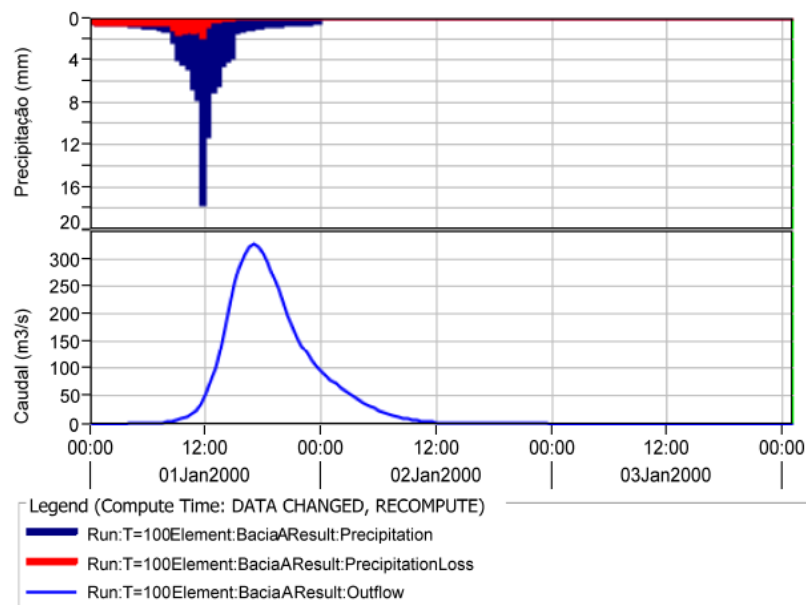


Figura 24 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica A, para T= 100 anos.

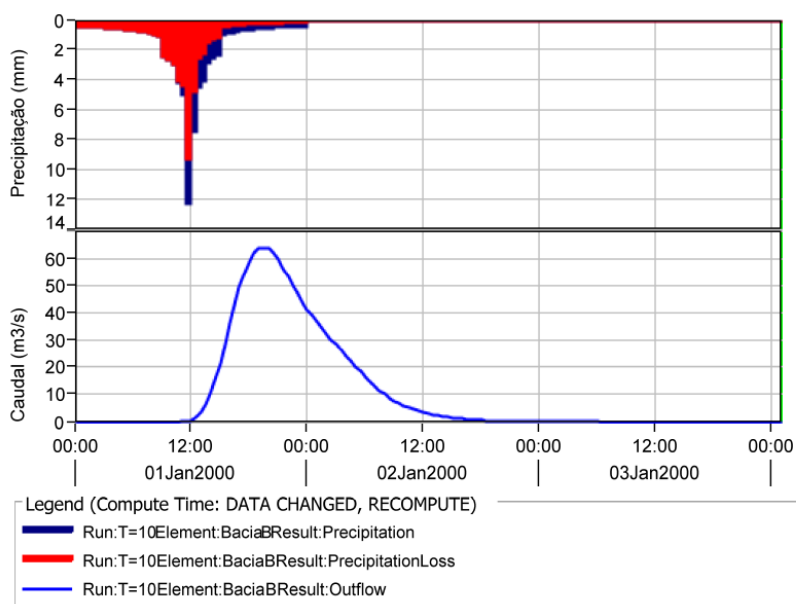


Figura 25 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 10 anos.

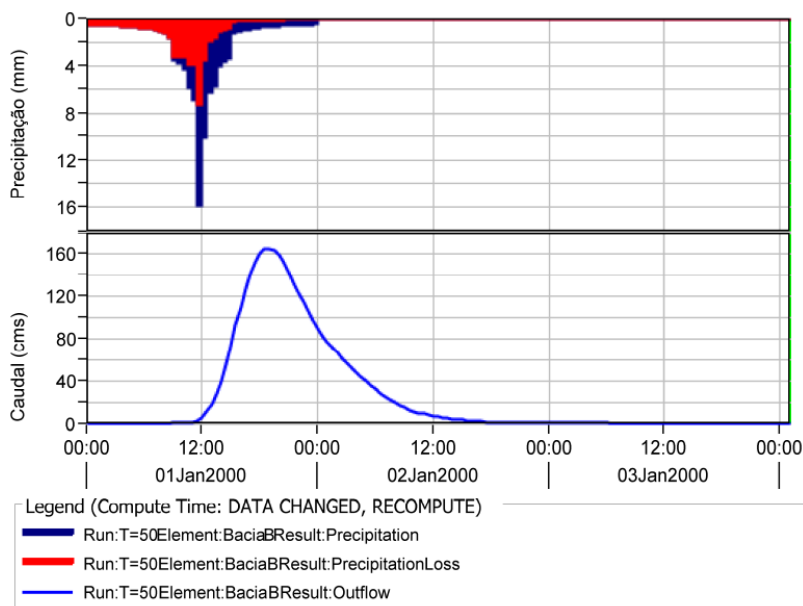


Figura 26 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 50 anos.

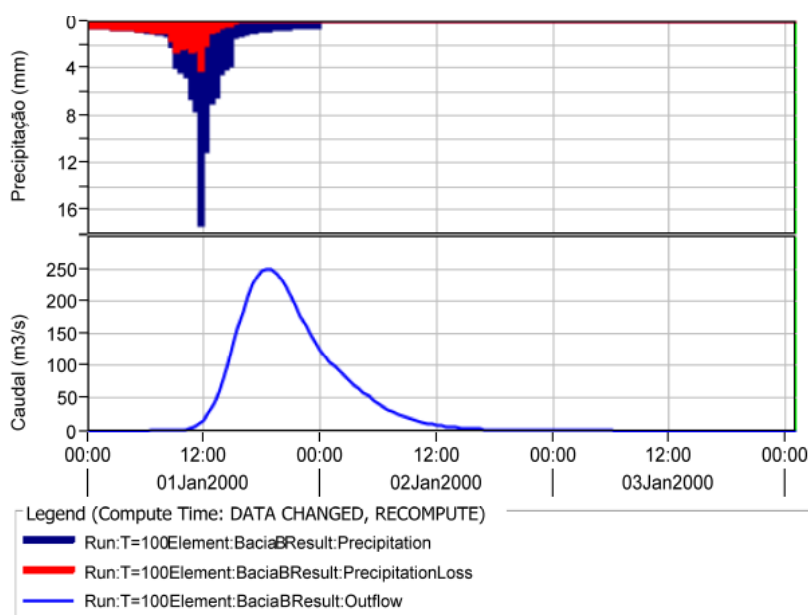


Figura 27 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica B, para T= 100 anos.

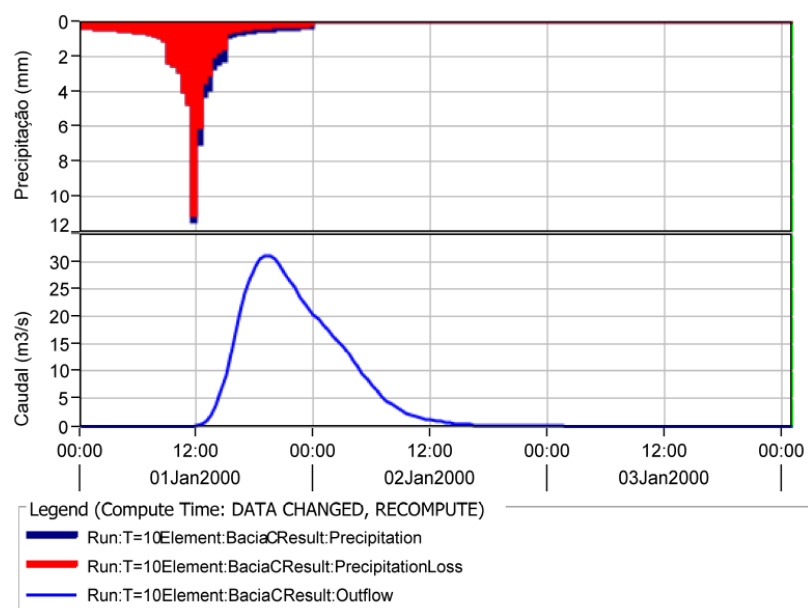


Figura 28 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 10 anos.

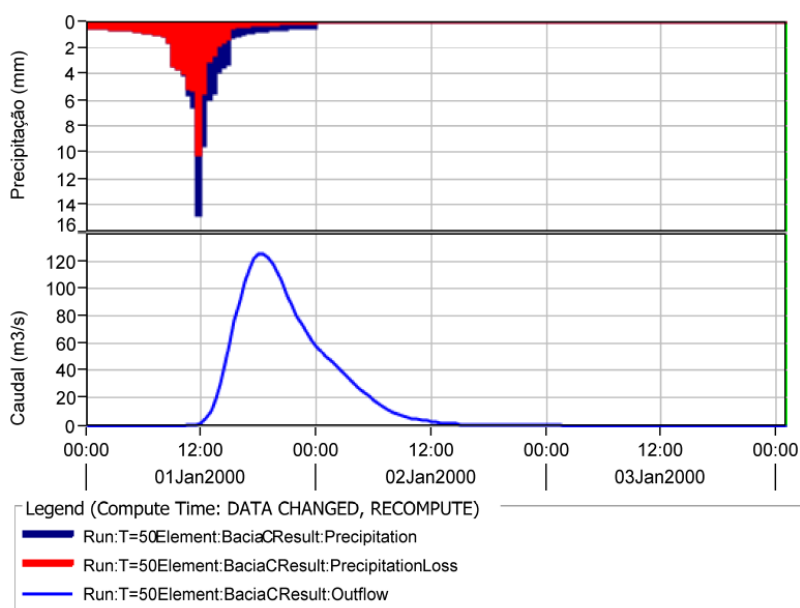


Figura 29 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 50 anos.

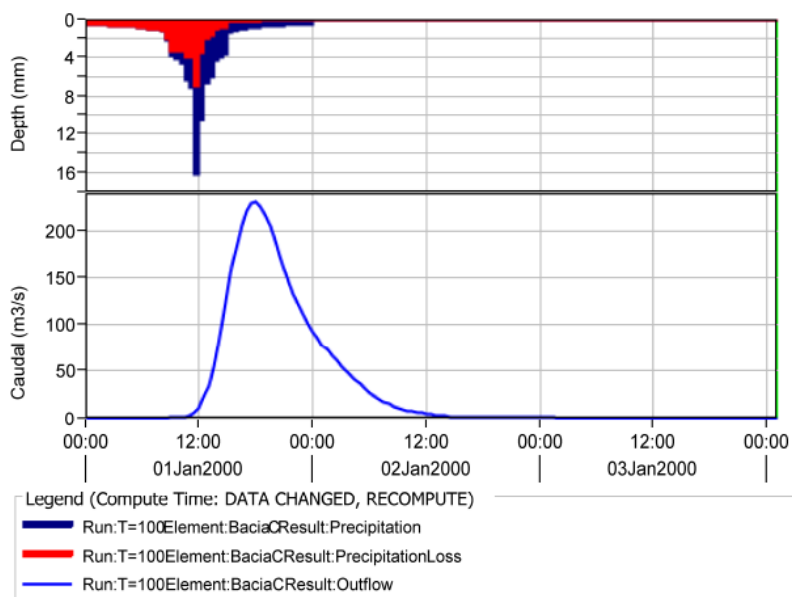


Figura 30 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica C, para T= 100 anos.

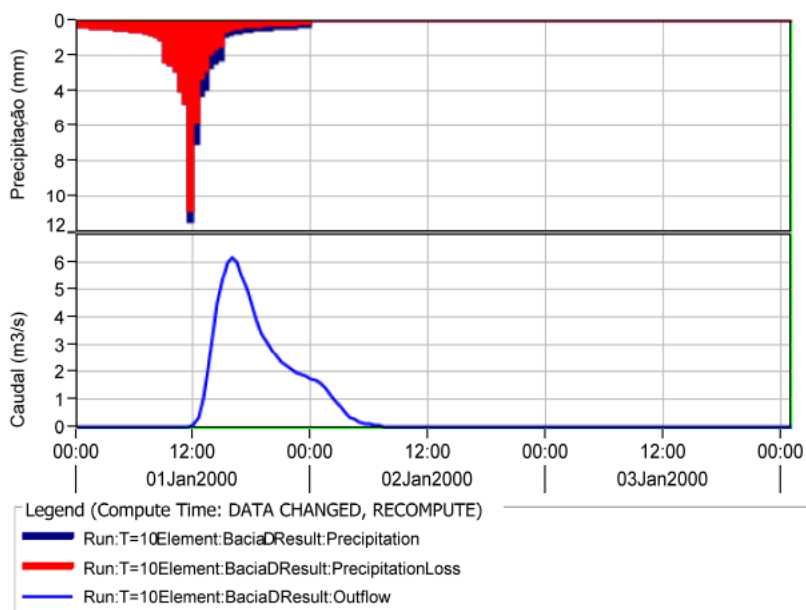


Figura 31 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 10 anos.

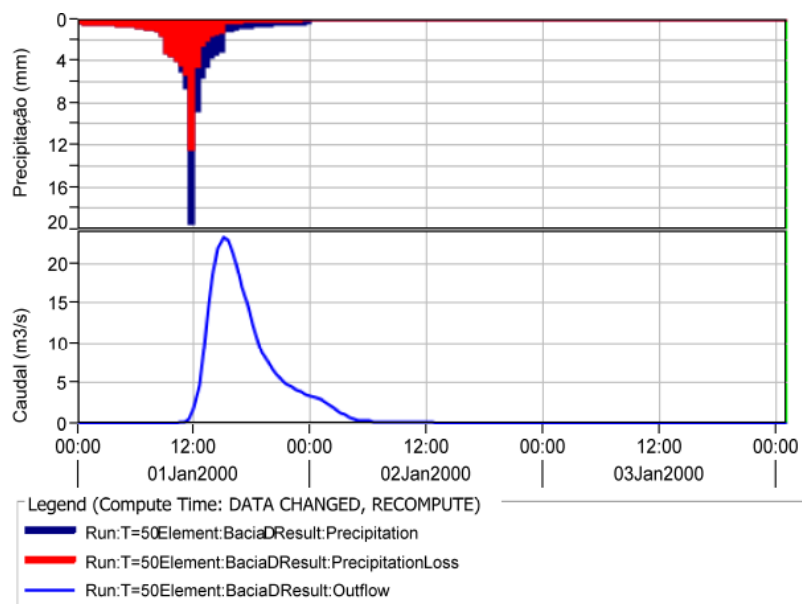


Figura 32 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 50 anos.

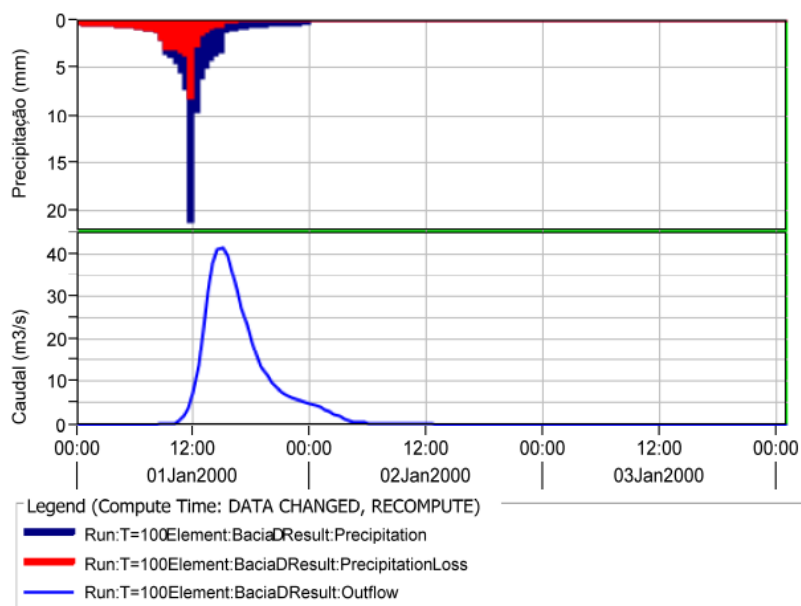


Figura 33 – Hidrograma de cheia da bacia hidrográfica D, para T= 100 anos.

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas A a D, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

Quadro 58 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas A a D.

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	125,0	238,6	325,5
B	63,9	165,4	250,1
C	31,1	125,81	229,3
D	6,2	21,3	41,4

5.5 Fórmulas cinemáticas

5.5.1 Fórmula de Giandotti

A fórmula de Giandotti, definida pela equação seguinte, foi estabelecida para bacias hidrográficas italianas com diversas dimensões.

$$Q = \frac{\lambda A P}{tc}$$

em que:

Q – é o caudal de ponta de cheia (m³/s);

A – área da bacia (km²);

λ – é um parâmetro função da área da bacia hidrográfica;

P – precipitação (mm), com duração $t = t_c$;

t_c – é o tempo de concentração da bacia (h).

Para bacias hidrográficas com área inferior a 500 km² o valor do parâmetro λ toma valores iguais ou superiores a 0,277, equivalentes a um coeficiente de escoamento da fórmula racional maior ou igual à unidade, o que é absurdo.

Assim, Lencastre e Franco (1992) referem que alguns autores sugerem a utilização de $\lambda=0.224$, a que corresponde um valor de $C=0.81$.

Nos quadros seguintes apresenta-se o cálculo dos caudais de ponta de cheia por aplicação da fórmula de Giandotti para as bacias hidrográficas E a G.

A precipitação para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, foi obtida do seguinte modo:

- determinou-se a precipitação máxima anual com 24 h, P₂₄, para os três períodos de retorno, obtida por ponderação dos polígonos de Thiessen;
- com base nas relações Pd/P₂₄ calculadas para o posto de São Julião do Tojal, apresentadas no Quadro 56, determinou-se a precipitação com duração igual ao tempo de concentração, P_{tc}.

De acordo com os polígonos de Thiessen apresentados na Figura 8, a precipitação P₂₄ sobre as bacias E e F é igual à P₂₄ obtida para o posto pluviométrico de Alenquer, uma vez que apenas este posto influência as bacias hidrográficas.

No que se refere à bacia hidrográfica G, a P₂₄ foi obtida por ponderação daquelas precipitações nos postos de Alenquer e de Ota.

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos conducentes à obtenção das precipitações com duração igual ao tempo de concentração de cada uma das bacias e do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula de Giandotti.

Quadro 59 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno T (anos)	P ₂₄ (mm)	t_c (h)	Pd/24 (-)	P _{tc} (mm)	λ (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	81,0	2,5	0,479	38,8	0,224	8,03	27,92
50	103,9		0,481	50,0			35,96
100	113,6		0,480	54,5			39,23

Quadro 60 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	λ (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	3,0	0,522	42,3	0,224	6,93	21,88
50	103,9		0,527	54,8			28,33
100	113,6		0,526	59,8			30,92

Quadro 61 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Giandotti, na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	λ	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	Ota (19D/02UG)	Bacia G						
	Área de influência (km²)								
	0.465	4.845							
10	81,0	72,5	73,1	1,7	0,398	29,1	0,224	5,32	20,40
50	103,9	97,3	97,7		0,396	38,7			27,13
100	113,6	107,8	108,1		0,393	42,5			29,80

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a G, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos pela fórmula de Giandotti.

Quadro 62 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Giandotti).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	27,92	35,96	39,23
F	21,88	28,33	30,92
G	20,40	27,13	29,80

5.5.2 Fórmula do Soil Conservation Service

A fórmula do *Soil Conservation Service*, SCS, apresenta a seguinte estrutura:

$$Q = \frac{0,277 \, k \, A \, h_u}{t_p}$$

em que:

Q – é o caudal de ponta de cheia (m³/s);

k – é um fator de ponta que pode variar entre 1 no caso de bacias muito declivosas e 0,5 no caso de bacias muito planas (nos cálculos habituais utiliza-se k=0,75);

A – área da bacia (km²);

h_u – altura de precipitação útil (mm);

t_p - tempo de crescimento, ou tempo para ponta (h);

0,277 – é um fator de conversão de unidades.

Para uma dada altura de precipitação total, h , a correspondente altura de precipitação útil correspondente, h_u , é calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$h_u = \frac{(h - h_0)^2}{h + 4h_0} \quad h > h_0$$

$$h_u = 0 \quad h \leq h_0$$

em que h_0 exprime as perdas iniciais da chuvada, antes de se iniciar o escoamento superficial.

O valor h_0 , em mm, é calculado pela seguinte expressão:

$$h_0 = \frac{5080}{CN} - 50,8$$

em que CN é o número de escoamento apresentado no Quadro 31 do Capítulo 2.

O tempo de crescimento, t_p , é calculado de acordo com a expressão seguinte:

$$t_p = \frac{1}{2} t_r + 0,6 \times t_c$$

em que t_r é a duração da precipitação útil (h) e t_c é o tempo de concentração da bacia (h).

A duração t_r da chuvada útil pode ser calculado subtraindo à duração t da precipitação total o tempo necessário para choverem as perdas iniciais, h_0 , considerando a intensidade média, $\bar{i} = h(t)/t$, constante durante toda a chuvada.

Assim, ter-se-á:

$$t_r = t - \frac{h_0}{h(t)/t}$$

Dado que a relação entre h_u e h não é linear exceto para CN igual a 100, o processo cálculo do valor máximo de caudal de ponta de cheia, para um dado período de retorno, foi feito por tentativas para valores de $t_r \geq t_c$.

O valor de t_r , correspondente ao valor máximo de Q , será tanto menos afastado da t_c , quanto mais elevado for o valor de CN.

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos conducentes à obtenção do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula do SCS.

Quadro 63 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	t (h)	tc (h)	Pd/24 (-)	h (mm)	l (mm/h)	h ₀ (mm)	h _u (mm)	t _r (h)	t _p (h)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10,00	81,00	6,00	2,50	0,726	58,81	9,80	13,50	18,19	4,62	3,81	8,03	7,96
50,00	103,90	6,00		0,746	77,51	12,92	8,96	41,44	5,31	4,15		16,65
100,00	113,60	6,00		0,748	84,97	14,16	5,02	60,83	5,65	4,32		23,48

Quadro 64 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	t (h)	tc (h)	Pd/24 (-)	h (mm)	l (mm/h)	h ₀ (mm)	h _u (mm)	t _r (h)	t _p (h)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	81,00	6,00	3,00	0,726	58,81	9,80	16,04	14,87	4,36	3,98	6,93	5,38
50	103,90	6,00		0,746	77,51	12,92	10,78	36,92	5,17	4,38		12,13
100	113,60	6,00		0,748	84,97	14,16	6,28	56,25	5,56	4,58		17,69

Quadro 65 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula do SCS na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	t (h)	tc (h)	Pd/24 (-)	h (mm)	l (mm/h)	h ₀ (mm)	h _u (mm)	t _r (h)	t _p (h)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	73,1	8,40	1,70	0,786	57,45	6,84	27,35	5,43	4,40	3,22	5,32	1,86
50	97,7	6,00		0,746	72,88	12,15	18,32	20,37	4,49	3,27		6,89
100	108,1	6,00		0,748	80,86	13,48	11,15	38,73	5,17	3,61		11,87

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a G, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos pela fórmula do SCS.

Quadro 66 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula do SCS).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	7,96	16,65	23,48
F	5,38	12,13	17,69
G	1,86	6,89	11,87

5.5.3 Fórmula de Mockus

A fórmula de Mockus consiste numa simplificação da fórmula do *Soil conservation Service*, SCS, admitindo que o valor máximo do caudal de ponta de cheia, Q, para um determinado período de retorno, corresponde à chuvada útil com duração:

$$(t_r)_{crit} = 2\sqrt{t_c}$$

pelo que a equação de cálculo do caudal de ponta de cheia é:

$$Q = \frac{0,277 \, k \, A \, h_u}{\sqrt{t_c} + 0,6 \, t_c}$$

em que as variáveis têm o significado e unidades já apresentadas para a fórmula do SCS.

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos que permitiram obter o caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula de Mockus.

Quadro 67 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno	P24	t_c	Pd/24	h	l	h_0	h_u	Área,	Caudal
T (anos)	(mm)	(h)	(-)	(mm)	(mm/h)	(mm)	(mm)	A (km ²)	Q(m ³ /s)
10	81,0	2,5	0,479	38,8	15,52	13,50	6,89	8,03	3,73
50	103,9		0,481	50,0	19,99	8,96	19,59		10,61
100	113,6		0,480	54,5	21,81	5,02	32,84		17,78

Quadro 68 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno	P24	t_c	Pd/24	h	l	h_0	h_u	Área,	Caudal
T (anos)	(mm)	(h)	(-)	(mm)	(mm/h)	(mm)	(mm)	A (km ²)	Q(m ³ /s)
10	81,0	3,0	0,522	42,3	14,09	16,04	6,47	6,93	2,64
50	103,9		0,527	54,8	18,25	10,78	19,77		8,06
100	113,6		0,526	59,8	19,92	6,28	33,69		13,73

Quadro 69 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula de Mockus, na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno	P24	t_c	Pd/24	h	l	h_0	h_u	Área,	Caudal
T (anos)	(mm)	(h)	(-)	(mm)	(mm/h)	(mm)	(mm)	A (km ²)	Q(m ³ /s)
10	73,1	1,7	0,398	29,1	17,12	27,35	0,02	5,32	0,01
50	97,7		0,396	38,7	22,77	18,32	3,71		1,77
100	108,1		0,393	42,5	25,00	11,15	11,29		5,37

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a G, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos pela fórmula de Mockus.

Quadro 70 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G (fórmula de Mockus).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	3,73	10,61	17,78
F	2,64	8,06	13,73
G	0,01	1,77	5,37

5.5.4 Método Racional

Do ponto de vista hidrológico, o método Racional é aplicável a bacias hidrográficas em que seja válido admitir que:

- as precipitações intensas que originam cheias são uniformes no tempo (por se referirem a pequenas durações, iguais aos tempos de concentração das bacias) e no espaço (devido às reduzidas áreas de bacia hidrográfica);
- o escoamento ocorre essencialmente sob a forma de escoamento à superfície do terreno;

o armazenamento de água na rede de drenagem é negligenciável.

A principal limitação da fórmula Racional é que considera a transformação da precipitação em escoamento como linear, traduzida por um coeficiente de escoamento constante.

A utilização desta fórmula requer o conhecimento da área e tipo de ocupação do solo da bacia hidrográfica, do tempo de concentração e da curva de possibilidade udométrica para um dado período de retorno.

A fórmula racional é definida por:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

sendo:

C – coeficiente de escoamento;

I – Intensidade média de precipitação para determinada frequência de ocorrência e com duração igual ao tempo de concentração da bacia (mm/h);

A – área da bacia (km²).

O coeficiente de escoamento C depende não só do coberto vegetal, da orografia e da capacidade de infiltração, como também do período de retorno, aumentando com o aumento daquele período, de modo a traduzir a diminuição das perdas de precipitação.

De um modo geral, é grande a indeterminação associada à fixação do valor de C a adotar na determinação de caudais de ponta de cheia.

Na figura seguinte são apresentados valores do coeficiente C da fórmula racional, adaptado de CHOW et al., 1988, p. 498, em função do tipo de ocupação e do período de retorno da precipitação.

Tipo de ocupação	Período de retorno, T (anos)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zona urbana							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Betão/telhados	0,75	0,80	0,88	0,88	0,92	0,97	1,00
Relvados							
Ocupando menos de 50% da área							
Declive de 0 a 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Declive de 2 a 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Declive superior a 7%	0,430	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

Figura 34 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, adaptado de CHOW et al., 1988, p. 498.

De acordo com a Nota Técnica NT_V01_INFRAESTRUTURA VIA_v03 o método racional deve ser aplicado para o cálculo do caudal de ponta de cheia em bacias hidrográficas com área igual ou inferior a 10 km².

Assim, no presente estudo, o método Racional foi aplicado às bacias hidrográficas E e Z, constituindo a aplicação de uma fórmula cinemática para as bacias hidrográficas com área entre 5 e 10 km² (bacias E e G) e um método único para bacias com área inferior ou igual a 5 km² (H a Z).

Nos quadros seguintes apresentam-se os valores do coeficiente da fórmula racional, para cada período de retorno, ponderados de acordo com o tipo de ocupação de cada bacia, identificado no Capítulo 1.

Quadro 71 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica E – ribeiro do Barrão/Vala da Regateira.

Classes de utilização do solo	Área (km ²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	2,38	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	0,10	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,52	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	1,07	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	3,49	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,46	0,81	0,90	0,95

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Planos de água	0,01	1,00	1,00	1,00
Área total	8,03	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,63	0,68	0,73

Quadro 72 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica F – Vala Nova.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	4,44	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	0,09	0,35	0,42	0,46
Planos de água	0,01	1,00	1,00	1,00
Florestas pouco densas	0,66	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,36	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	0,70	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,36	0,81	0,9	0,95
Zonas industriais	0,27	0,88	0,92	0,97
Áreas comerciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Área total	6,92	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,49	0,55	0,59

Quadro 73 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica G.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	1,24	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	2,05	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,09	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	1,18	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	0,47	0,88	0,92	0,97
Zonas industriais	0,24	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	0,81	0,90	0,95
Planos de água	0,03	1,00	1,00	1,00
Área total	5,31	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,44	0,51	0,55

**Quadro 74 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica H – ribeiro da Castanheira.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,87	0,40	0,47	0,51
Florestas densas	1,38	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,22	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,37	0,37	0,44	0,48
Áreas residenciais	0,59	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,06	0,81	0,90	0,95
Área total	3,49	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,46	0,53	0,57

**Quadro 75 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica I.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas comerciais	0,05	0,88	0,92	0,97
Áreas cultivadas	1,64	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,06	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,28	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,01	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,15	0,37	0,44	0,48
Planos de água	0,03	1,00	1,00	1,00
Ruas, estradas pavimentadas	0,08	0,81	0,90	0,95
Área total	2,29	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0.50	0.57	0.60

**Quadro 76 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica J – ribeiro da Corte.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	1,45	0,40	0,47	0,51
Áreas residenciais	0,07	0,88	0,92	0,97
Pastagens boas	0,05	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,1	0,81	0,90	0,95
Área total	1,66	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,45	0,52	0,56

**Quadro 77 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica K.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas comerciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Áreas cultivadas	0,02	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,08	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,02	0,88	0,92	0,97
Pastagens boas	0,09	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,03	0,81	0,90	0,95
Área total	0,27	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,68	0,73	0,78

**Quadro 78 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica L.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,37	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,37	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,22	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,04	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,25	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,13	0,81	0,90	0,95
Área total	1,41	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,56	0,62	0,67

**Quadro 79 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica M.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,05	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,4	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,71	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,07	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,08	0,37	0,44	0,48
Área total	1,31	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,52	0,58	0,63

**Quadro 80 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica N.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	≈ 0,00	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,95	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,20	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	≈ 0,00	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,03	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	1,18	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,78	0,82	0,87

**Quadro 81 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica O.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas comerciais	0,03	0,88	0,92	0,97
Áreas cultivadas	0,01	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,07	0,88	0,92	0,97
Florestas pouco densas	0,05	0,35	0,42	0,46
Ruas, estradas pavimentadas	0,02	0,81	0,90	0,95
Área total	0,17	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,74	0,80	0,85

**Quadro 82 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica P.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,29	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,13	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	0,81	0,90	0,95
Área total	0,43	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,56	0,62	0,66

**Quadro 83 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica Q – Vala do Carril.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,55	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,33	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,03	0,88	0,92	0,97

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Florestas densas	0,42	0,35	0,42	0,46
Ruas, estradas pavimentadas	0,20	0,81	0,90	0,95
Área total	1,54	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,55	0,62	0,66

Quadro 84 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica R.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,17	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,04	0,88	0,92	0,97
Planos de água	0,00	1,00	1,00	1,00
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,21	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,49	0,56	0,59

Quadro 85 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica S.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,00	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,23	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,00	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,23	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,88	0,92	0,97

Quadro 86 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica T.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,18	0,40	0,47	0,51
Ruas, estradas pavimentadas	≈ 0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,18	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,40	0,47	0,51

**Quadro 87 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica U.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,04	0,40	0,47	0,51
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Ruas, estradas pavimentadas	0,01	0,81	0,90	0,95
Área total	0,06	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,55	0,62	0,66

**Quadro 88 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica V.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,04	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,08	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,02	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,04	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,01	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,19	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,63	0,69	0,74

**Quadro 89 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica X.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas industriais	0,06	0,88	0,92	0,97
Área total	0,06	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,88	0,92	0,97

**Quadro 90 – Valores do coeficiente C da fórmula racional,
para a bacia hidrográfica Y.**

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,04	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,11	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,01	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,01	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,04	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,06	0,37	0,44	0,48

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,27	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,60	0,65	0,70

Quadro 91 – Valores do coeficiente C da fórmula racional, para a bacia hidrográfica Z.

Classes de utilização do solo	Área (km²)	Período de retorno		
		T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
Áreas cultivadas	0,11	0,40	0,47	0,51
Áreas industriais	0,08	0,88	0,92	0,97
Áreas residenciais	0,12	0,88	0,92	0,97
Florestas densas	0,10	0,35	0,42	0,46
Florestas pouco densas	0,01	0,35	0,42	0,46
Pastagens boas	0,20	0,37	0,44	0,48
Ruas, estradas pavimentadas	0,00	0,81	0,90	0,95
Área total	0,62	-	-	-
Valores de C ponderados	-	0,54	0,60	0,64

A intensidade máxima de precipitação, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica, foi obtida conforme apresentado na secção 5.5.1 aquando da aplicação da fórmula de Giandotti.

De acordo com os polígonos de Thiessen apresentados na Figura 8, a precipitação P24 sobre as bacias E, F, I a J, L a N e T a X é igual à P24 obtida para o posto pluviométrico de Alenquer, uma vez que apenas este posto influencia as bacias.

No que se refere à bacia hidrográfica G, a P24 h foi obtida por ponderação daquelas precipitações nos posto de Alenquer e de Ota.

Para as bacias H, K, O e P, o posto de influência da totalidade das bacias é o de Vila Franca de Xira (Lezíria). Para as bacias Y e Z o posto de influência considerado foi o da Ota.

No que se refere às bacias hidrográficas Q a S a P24 foi obtida por ponderação daquelas precipitações nos postos de Alenquer e de Vila Franca de Xira (Lezíria).

Nos quadros seguintes apresentam-se os cálculos conducentes à obtenção das precipitações com duração igual ao tempo de concentração de cada uma das bacias, da respetiva intensidade de precipitação e do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos, obtidos em resultado da aplicação da fórmula Racional.

Quadro 92 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica E.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	2,5	0,479	38,8	15,52	0,63	8,03	21,81
50	103,9		0,481	50,0	19,99	0,68		30,32
100	113,6		0,480	54,5	21,81	0,73		35,52

Quadro 93 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica F.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	3,0	0,522	42,3	14,09	0,49	6,93	13,29
50	103,9		0,527	54,8	18,25	0,55		19,32
100	113,6		0,526	59,8	19,92	0,59		22,62

Quadro 94 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica G.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	Ota (19D/02UG)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0,465	4,845								
10	81,0	72,5	73,1	1,7	0,398	29,1	17,12	0,44	5,32	11,13
50	103,9	97,3	97,7		0,396	38,7	22,77	0,51		17,16
100	113,6	107,8	108,1		0,393	42,5	25,00	0,55		20,32

Quadro 95 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica H.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	1,8	0,409	35,2	19,54	0,46	3,49	8,76
50	117,0		0,408	47,7	26,51	0,53		13,56
100	130,1		0,405	52,7	29,26	0,57		16,11

Quadro 96 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica I.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	2,3	0,460	37,2	16,19	0,50	2,29	5,19
50	103,9		0,461	47,9	20,83	0,57		7,53
100	113,6		0,459	52,2	22,68	0,60		8,73

Quadro 97 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica J.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	2,6	0,488	39,5	15,19	0,45	1,66	3,15
50	103,9		0,490	50,9	19,59	0,52		4,69
100	113,6		0,489	55,6	21,37	0,56		5,47

Quadro 98 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica K.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	0,6	0,240	20,7	34,46	0,68	0,27	1,75
50	117,0		0,233	27,3	45,44	0,73		2,50
100	130,1		0,230	29,9	49,83	0,78		2,91

Quadro 99 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica L.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,9	0,293	23,7	26,33	0,56	1,41	5,77
50	103,9		0,287	29,8	33,13	0,62		8,09
100	113,6		0,283	32,2	35,75	0,67		9,31

Quadro 100 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica M.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,8	0,275	22,3	27,86	0,52	1,31	5,29
50	103,9		0,269	27,9	34,94	0,58		7,41
100	113,6		0,265	30,1	37,69	0,63		8,58

Quadro 101 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica N.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,6	0,240	19,5	32,45	0,78	1,18	8,27
50	103,9		0,233	24,2	40,35	0,82		10,88
100	113,6		0,230	26,1	43,51	0,87		12,42

Quadro 102 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica O.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	0,6	0,240	20,7	34,46	0,74	0,17	1,20
50	117,0		0,233	27,3	45,44	0,80		1,71
100	130,1		0,230	29,9	49,83	0,85		1,99

Quadro 103 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica P.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	86,0	1,1	0,323	27,8	25,27	0,56	0,43	1,68
50	117,0		0,319	37,3	33,89	0,62		2,50
100	130,1		0,315	41,0	37,23	0,66		2,92

Quadro 104 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Q.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	VFX (20D/01C)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0,52	0,98								
10	81,0	86,0	84,3	0,7	0,258	21,7	31,03	0,55	1,54	7,17
50	103,9	117,0	112,5		0,251	28,2	40,33	0,62		10,42
100	113,6	130,1	124,4		0,248	30,8	44,00	0,66		12,13

Quadro 105 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica R.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	VFX (20D/01C)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0.14	0.07								
10	81,0	86,0	82,6	1,0	(-)	(mm)	(mm/h)	(-)	(km²)	(m³/s)
50	103,9	117,0	108,2		0,310	25,6	25,62	0,49	0,21	0,74
100	113,6	130,1	119,0		0,305	33,0	32,99	0,56		1,07
					0,301	35,8	35,82	0,59		1,24

Quadro 106 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica S.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)			tc	Pd/24	Ptc	I	C	Área, A	Caudal Q
	Alenquer (19C/10U)	VFX (20D/01C)	Bacia G							
	Área de influência (km²)									
	0.20	0.03								
10	81,0	86,0	81,8	1,0	0,310	25,3	25,35	0,88	0,23	1,30
50	103,9	117,0	105,9		0,305	32,3	32,30	0,92		1,73
100	113,6	130,1	116,1		0,301	34,9	34,95	0,97		1,98

Quadro 107 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica T.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,7	0,258	20,9	29,83	0,40	0,18	0,60
50	103,9		0,251	26,1	37,26	0,47		0,88
100	113,6		0,248	28,1	40,18	0,51		1,02

Quadro 108 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica U.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,2	0,171	13,8	69,17	0,55	0,06	0,63
50	103,9		0,161	16,7	83,64	0,62		0,86
100	113,6		0,159	18,0	90,08	0,66		0,99

Quadro 109 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica V.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,6	0,240	19,5	32,45	0,63	0,19	1,08
50	103,9		0,233	24,2	40,35	0,69		1,47
100	113,6		0,230	26,1	43,51	0,74		1,69

Quadro 110 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica X.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km²)	Caudal Q (m³/s)
10	81,0	0,2	0,171	13,8	69,17	0,88	0,06	1,01
50	103,9		0,161	16,7	83,64	0,92		1,28
100	113,6		0,159	18,0	90,08	0,97		1,46

Quadro 111 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Y.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	72,5	0,3	0,188	13,6	45,48	0,60	0,27	2,04
50	97,3		0,179	17,4	58,06	0,65		2,85
100	107,8		0,176	19,0	63,39	0,70		3,31

Quadro 112 – Caudais de ponta de cheia, obtidos pela fórmula Racional, na secção de referência da bacia hidrográfica Z.

Período de retorno T (anos)	P24 (mm)	tc (h)	Pd/24 (-)	Ptc (mm)	I (mm/h)	C (-)	Área, A (km ²)	Caudal Q (m ³ /s)
10	72,5	0,4	0,206	14,9	37,27	0,54	0,62	3,44
50	97,3		0,197	19,2	47,92	0,60		4,92
100	107,8		0,194	20,9	52,34	0,64		5,75

No quadro seguinte resumem-se os caudais de ponta de cheia obtidos para as bacias hidrográficas E a Z, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos (método racional).

Quadro 113 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a Z (método racional).

Bacia Hidrográfica	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
E	21,81	30,32	35,52
F	13,29	19,32	22,62
G	11,13	17,16	20,32
H	8,73	13,56	16,11
I	5,19	7,53	8,73
J	3,15	4,69	5,47
K	1,75	2,50	2,91
L	5,77	8,09	9,31
M	5,29	7,41	8,58
N	8,27	10,88	12,42
O	1,20	1,71	1,99
P	1,68	2,50	2,92
Q	7,17	10,42	12,13
R	0,74	1,07	1,24
S	1,30	1,73	1,98
T	0,60	0,88	1,02
U	0,63	0,86	0,99
V	1,08	1,47	1,69
X	1,01	1,28	1,46
Y	2,04	2,85	3,31
Z	3,44	4,92	5,75

5.6 Compilação dos resultados obtidos para as bacias E a G

Para as bacias hidrográficas E a G foram aplicadas 4 metodologias de cálculo do caudal de ponta de cheia, para os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

No quadro seguinte resumem-se os valores dos caudais obtidos pelas diferentes fórmulas aplicadas, assim como o respetivo valor médio.

Quadro 114 – Caudais de ponta de cheia para as bacias hidrográficas E a G.

Bacia Hidrográfica	Período de retorno (anos)	Caudal de ponta de cheia (m³/s)				
		Giandotti	SCS	Mockus	Racional	Media
E	10	27,92	7,96	3,73	21,81	15,36
	50	35,96	16,65	10,61	30,32	23,39
	100	39,23	23,48	17,78	35,52	29,00
F	10	21,88	5,38	2,64	13,29	10,80
	50	28,33	12,13	8,06	19,32	16,96
	100	30,92	17,69	13,73	22,62	21,24
G	10	20,40	1,86	0,01	11,13	8,35
	50	27,13	6,89	1,77	17,16	13,24
	100	29,80	11,87	5,37	20,32	16,84

Conforme se pode observar no quadro acima, os caudais de ponta de cheia variam significativamente consoante a fórmula utilizada para o cálculo dos caudais dos mesmos.

Verifica-se também que esta diferença diminui com o aumento do período de retorno, sendo que para o período de 100 anos, que será o utilizado no dimensionamento das passagens hidráulicas, os caudais têm uma ordem de grandeza semelhante.

Para as bacias E a G adotou-se então como caudal de dimensionamento a média dos valores obtidos através das diferentes fórmulas cinemáticas.

6 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Nos vários estudos europeus já realizados, Portugal é apontado como um dos países que poderá ser mais afetado pelas alterações climáticas, com aumento na frequência e intensidade de secas, inundações, cheias repentinas, ondas de calor, entre outros.

De acordo com o Plano de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI) - Cartas de Zonas Inundáveis de Riscos de Inundações da RH5A – Tejo e Ribeiras do Oeste (APA, 2020), que inclui a área de estudo foi estimada um agravamento dos caudais de ponta de cheia de cerca de 6%. Esta variação foi estimada para os caudais de ponta para o período de retorno com probabilidade de ocorrência média – T = 100 anos para o período de 2041-2070 e em ambos os cenários Representative Concentration Pathway RCP 4.5 e RCP 8.5.

Deste modo, no presente Estudo Hidrológico, procedeu-se ao agravamento dos caudais de cheia obtidos em 6%, independentemente do período de retorno, apresentando-se no quadro seguinte os caudais de ponta de cheia em cada bacia hidrográfica, para os cenários atual e com alterações climáticas.

Quadro 115 – Caudais de ponta de cheia para todas as bacias hidrográficas.

Bacia Hidrográfica	Cenário atual			Cenário com alterações climáticas		
	Caudal de ponta de cheia (m³/s)			Caudal de ponta de cheia (m³/s)		
	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos	T=10 anos	T=50 anos	T=100 anos
A	125,00	238,60	325,50	132,50	252,92	345,03
B	63,90	156,40	250,10	67,73	165,78	265,11
C	31,10	125,81	229,30	32,97	133,36	243,06
D	6,20	21,30	41,40	6,57	22,58	43,88
E	15,36	23,39	29,00	16,28	24,79	30,74
F	10,80	16,96	21,24	11,45	17,98	22,51
G	8,35	13,24	16,84	8,85	14,03	17,85
H	8,73	13,56	16,11	9,25	14,37	17,08
I	5,19	7,53	8,73	5,50	7,98	9,25
J	3,15	4,69	5,47	3,34	4,97	5,80
K	1,75	2,50	2,91	1,85	2,65	3,09
L	5,77	8,09	9,31	6,12	8,58	9,87
M	5,29	7,41	8,58	5,61	7,85	9,09
N	8,27	10,88	12,42	8,77	11,53	13,17
O	1,20	1,71	1,99	1,27	1,81	2,11
P	1,68	2,50	2,92	1,78	2,65	3,10
Q	7,17	10,42	12,13	7,60	11,05	12,85
R	0,74	1,07	1,24	0,78	1,13	1,31
S	1,30	1,73	1,98	1,38	1,83	2,10
T	0,60	0,88	1,02	0,64	0,93	1,08
U	0,63	0,86	0,99	0,67	0,91	1,05
V	1,08	1,47	1,69	1,14	1,56	1,79
X	1,01	1,28	1,46	1,07	1,36	1,55
Y	2,04	2,85	3,31	2,16	3,02	3,51
Z	3,44	4,92	5,75	3,65	5,22	6,10