



**Avaliação das necessidades e das disponibilidades hídricas
superficiais de abastecimento de água da empresa Águas
do Norte Alentejo**

Paulo Jorge Lusitano de França Andrade

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia dos Recursos Hídricos**

Orientador Prof. Rita Guimarães

Outubro de 2010



**Avaliação das necessidades e das disponibilidades hídricas
superficiais de abastecimento de água da empresa Águas
do Norte Alentejo**

Paulo Jorge Lusitano de França Andrade

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia dos Recursos Hídricos**

Orientador Prof. Rita Guimarães

Outubro de 2010

186 151

Ao meu irmão António José
que sempre deu tudo por mim

Avaliação das necessidades e das disponibilidades hídricas superficiais de abastecimento de água da empresa Águas do Norte Alentejano

RESUMO - A avaliação das necessidades e das disponibilidades hídricas é uma ferramenta essencial para a gestão para qualquer sistema de abastecimento. Nesta dissertação procedeu-se em primeiro lugar à caracterização das origens de água superficiais, contemplando uma análise biofísica e uma análise de afluências de cada uma das albufeiras. Em seguida, realizou-se a avaliação dos actuais consumos e sua evolução compreendendo a determinação dos dados de base, sua evolução futura e conseqüentemente a avaliação das necessidades comparativamente com as disponibilidades. Posteriormente, simulou-se a exploração das albufeiras, gerando séries sintéticas de escoamento e estimou-se as solicitações para cada uma das albufeiras tendo por base as necessidades hídricas determinadas. Por último, avaliou-se o potencial da origem superficial, da futura albufeira do Pisão (localização aproximada), como complemento às origens actuais de águas superficiais do sistema de abastecimento de água da empresa Águas do Norte Alentejano. Como conclusão deste trabalho, verificou-se que o sistema de Apartadura dificilmente satisfaz a totalidade das solicitações, enquanto que o sistema da Caia, apresenta baixa probabilidade de falha e o sistema da Póvoa, garante a totalidade dos consumos.

Palavras-chave: Águas do Norte Alentejano, S.A., Apartadura, Póvoa, Caia, caracterização fisiográfica, precipitação, escoamento, simulação, geração de série sintéticas.

Assessment of needs and availabilities water surface for water supply system of the company Águas do Norte Alentejano

ABSTRACT -Evaluation of needs and the availability of water is an essential tool for the management for any system of water supply. This dissertation understands the characterization of surface water sources (biophysics analysis and an analysis of inputs to each one of the reservoirs). Also understands, the assessment of current consumption and its evolution with demographics analysis and needs of assessment compared with the water supply available. And also understands the simulation of the operation of reservoirs, generating synthetic series of the inputs in to each reservoirs based in the needs of water. At the end, it understands the availability of another potential reservoir (the future reservoir of Pisão), whit biophysics analysis and analysis of inputs these future reservoir, as a complement to existing surface water sources of water supply system. In conclusion, it was verified that the system of Apartadura hardly satisfies the totality of the requests and the system of Caia, presents low rate of probability of failure and the system of Póvoa, guarantees the totality of the consumptions.

Key words: Águas do Norte Alentejano,S.A., Apartadura, Póvoa, Caia, characterization of surface water sources, precipitation, draining, simulation, serial generation synthetic

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com o auxílio de algumas pessoas a quem, aqui expresso o meu agradecimento.

À Professora Rita Guimarães, como orientadora e pela disponibilidade total, demonstrada ao abraçar prontamente este estudo e também pelas suas sugestões, críticas e esclarecimentos sobre o documento agora apresentado.

Aos meus verdadeiros amigos, sem querer esquecer nenhum, que me ajudaram, na vida e em particular na elaboração desta dissertação, dando continuidade aos árduos anos de "honesto estudo e longa experiência misturada". Para todos eles o meu sincero obrigado.

Em último, mas não menos importante, um enorme obrigado para a minha noiva, que está sempre presente, apoiando-me e tolerando algumas faltas, com muito amor, muito obrigado Sandra.

INDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJECTIVOS DO ESTUDO	1
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO NORTE ALENTEJANO	5
2.1 LOCALIZAÇÃO	5
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA MULTIMUNICIPAL	6
2.2.1 Origens de água superficiais	6
2.2.2 Subsistemas de abastecimento	8
3. CARACTERIZAÇÃO EDAFO-CLIMÁTICA	11
3.1 GEOLOGIA	11
3.2 SOLOS	14
3.3 USO DO SOLO	15
3.4. CLIMATOLOGIA	16
3.4.1 Temperatura	16
3.4.2 Precipitação	17
3.4.3 Evapotranspiração	19
4. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA	21
4.1 APRESENTAÇÃO DAS BACIAS	21
4.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	22
4.2.1 Coeficiente de Compacidade	22
4.2.2 Factor de forma	23
4.3 CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM	24
4.3.1 Comprimento da linha de água principal	24
4.3.2 Densidade da rede de drenagem	24
4.4 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO	25
4.4.1 Altitude máxima	25
4.4.2 Altitude mínima	26
4.4.3 Altitude da nascente	26
4.4.4 Altitude média	26
4.4.5 Altura média	27
4.4.6 Declive médio da bacia	27
4.4.7 Declive médio da linha de água principal	28
4.5 RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS BACIAS EM ESTUDO	28
5. CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO	31
5.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS	31
5.2 TRATAMENTO DOS DADOS	33
5.2.1 Preenchimento de falhas nas séries de precipitação	33
5.2.2 Verificação da consistência das séries de precipitação	40
5.3. CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL PONDERADA	42
5.3.1. Método dos polígonos de Thiessen	42

5.3.2. Método das Isoietas	44
5.3.3 Análise dos resultados	47
6. CARACTERIZAÇÃO DO ESCOAMENTO	49
6.1. ANÁLISE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE SEDA EM COUTO DE ANDREIROS	50
6.1.1. Caracterização Fisiográfica	50
6.1.2. Precipitação Ponderada	51
6.1.3. Regressão Estatística Escoamento/Precipitação em Couto de Andreiros	53
6.2. ESTIMAÇÃO DO ESCOAMENTO NAS BACIAS EM ESTUDO	56
7. AVALIAÇÃO DOS ACTUAIS CONSUMOS E SUA EVOLUÇÃO	61
7.1. CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	61
7.2. REGA	61
7.3. PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA	62
7.4. ABASTECIMENTO PÚBLICO	63
7.4.1 Evolução Populacional	63
7.4.1.1 População Residente	63
7.4.1.2 População Flutuante	66
7.4.2. Níveis de Atendimento	68
7.4.3. Capitações e Caudais	68
7.4.4. Perdas de Água	74
7.5 AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DO SISTEMA	75
7.5.1 Sistema da Apartadura	77
7.5.2 Sistema da Póvoa e Meadas	79
6.5.3 Sistema do Caia	81
7.6 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO NORTE ALENTEJANO	82
8 - SIMULAÇÃO DE EXPLORAÇÃO DAS ALBUFEIRAS	85
8.1 - GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE ESCOAMENTO	85
8.1.1 - Análise Estatística da Série Histórica	86
8.1.2 - Tendência e Outras Alterações Determinísticas	87
8.1.2.1 - Teste de Mann-Kendall	87
8.1.2.2 - Teste de Mann-Whitney	90
8.1.3 - Estrutural Correlacional	91
8.1.4 - Geração de escoamentos anuais	97
8.1.4.1 - Método baseado na distribuição Normal	98
8.1.4.2 - Método baseado na distribuição Log-normal a dois parâmetros	99
8.1.4.3 - Método baseado na distribuição Log-normal a três parâmetros	102
8.1.4.4 - Método baseado na distribuição Gama	105
8.1.5 - Metodologia de avaliação da qualidade das séries geradas	107
8.1.5.1 - Avaliação da qualidade das séries geradas	108
8.1.5.1.1 - Séries geradas para o Sistema da Apartadura	109
8.1.5.1.2 - Séries geradas para o Sistema da Póvoa	112
8.1.5.1.3 - Séries geradas para o Sistema do Caia	116

8.2 - DETERMINAÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA E GARANTIA DE ABASTECIMENTO	119
8.2.1 - Séries históricas	124
8.2.2 - Séries sintéticas	129
9 - AVALIAÇÃO DE OUTRAS ORIGENS A CONSIDERAR	135
9.1 - SÉRIES HISTÓRICAS	136
9.2 - SÉRIES SINTÉTICAS	140
9.2.1 - Análise estatística da série histórica	140
9.2.2 - Tendência e Outras Alterações Determinísticas	141
9.2.3 - Estrutura Correlacional	142
9.2.4 - Avaliação da qualidade das séries geradas	143
10 - CONCLUSÃO	149
10.1 - RESUMO E CONCLUSÕES	149
10.2 -RECOMENDAÇÕES	152
10.2.1 - Sistema da Apartadura	152
10.2.2 - Sistema da Póvoa	154
10.2.3 - Sistema do Caia	154
BIBLIOGRAFIA	157
ANEXOS	163

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	164
Quadro 1.1- Registos de precipitação das estações escolhidas	
Anexo 2	167
Figura 2.1 - Regressão linear entre a estação da barragem do Caia e a estação tipo	
Figura 2.2 - Regressão linear entre a estação da Central da Bruceira e a estação tipo.	
Figura 2.3 - Regressão linear entre a estação da Comenda e a estação tipo.	
Anexo 3	170
Figura 3.1 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Alter do Chão e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.2 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Arronches e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.3 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Barragem do Caia e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.4 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Cabeço de Vide e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.5 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Castelo de Vide e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.6 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Central da Bruceira e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.7 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Comenda e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.8 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Fronteira e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.9 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Juromenha e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.10 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Monforte e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.11 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Nisa e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.12 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Póvoa e Meadas e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.13 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Santa Eulália e o acumulado da estação tipo.	
Figura 3.14 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Santo Aleixo (Sorraia) e o acumulado da estação tipo.	

Figura 3.15 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Vale do Peso e o acumulado da estação tipo.

Figura 3.16 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Vila Viçosa e o acumulado da estação tipo.

Anexo 4	179
Quadro 4.1 - Registo dos valores de escoamento anual registados em Couto de Andreiros	
Anexo 5	181
Quadro 5.1 - População residente	
Quadro 5.2 - População flutuante	
Quadro 5.3 - Níveis de atendimento	
Quadro 5.4 - Capitação	
Quadro 5.5 - Perdas	
Quadro 5.6 - Caudal Potencial	
Anexo 6	187
Séries sintéticas de escoamento geradas para a Apartadura	
Séries sintéticas de escoamento geradas para a Póvoa	
Séries sintéticas de escoamento geradas para o Caia	
Séries sintéticas de escoamento geradas para Couto de Andreiros	
Anexo 7	192
Cálculo do comportamento do reservatório da Apartadura com série de escoamento histórica.	
Cálculo do comportamento do reservatório da Póvoa com série de escoamento histórica	
Cálculo do comportamento do reservatório do Caia com série de escoamento histórica	
Cálculo do comportamento de reservatório de Couto de Andreiros com série de escoamento histórica	
Anexo 8	197
Figura 1 - Localização das albufeiras do sistema multimunicipal	
Figura 2 - Subsistemas de abastecimento do sistema multimunicipal	
Figura 3 - Carta do tipo de solos	
Figura 4 - Carta do uso do solo	
Figura 5 - Bacia hidrográfica da ribeira das Reveladas na secção da barragem da Apartadura	
Figura 6 - Bacia hidrográfica da ribeira de Nisa na secção da barragem da Póvoa	
Figura 7 - Bacia hidrográfica do rio Caia na secção da barragem do Caia	

- Figura 8 - Carta hipsométrica da bacia da Apartadura
- Figura 9 - Carta hipsométrica da bacia da Póvoa
- Figura 10 - Carta hipsométrica da bacia do Caia
- Figura 11 - Carta de declives da bacia da Apartadura
- Figura 12 - Carta de declives da bacia da Póvoa
- Figura 13 - Carta de declives da bacia do Caia
- Figura 14 - Precipitação média ponderada pelo método de Thiensen.
- Figura 15 - Precipitação média ponderada pelo método de isoietas.

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Localização do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano no território nacional	5
Figura 3.1 - Localização das unidades estruturais de Portugal continental. (Adaptado de Chácon et al., 1983)	12
Figura 3.2 - Valores médios mensais de temperatura em Portalegre	17
Figura 3.3 - Valores médios mensais de precipitação em Portalegre	18
Figura 3.4 - Valores médios mensais de evapotranspiração em Portalegre	19
Figura 5.1 - Localização das estações de precipitação e escoamento	32
Figura 6.1 - Regressão estatística entre a Precipitação ponderada e o escoamento na bacia de Couto de Andreiros	54
Figura 8.1 - Correlograma da série de escoamentos anuais na bacia hidrográfica da Apartadura	94
Figura 8.2 - Correlograma da série de escoamentos anuais na bacia hidrográfica da Póvoa	95
Figura 8.3 - Correlograma da série de escoamentos anuais na bacia hidrográfica do Caia	96
Figura 8.4 - Diagrama de comportamento do reservatório da Apartadura para cada uma das 4 condições iniciais	126
Figura 8.5 - Diagrama de comportamento do reservatório da Póvoa para cada uma das 4 condições iniciais	127
Figura 8.6 - Diagrama de comportamento do reservatório do Caia para cada uma das 4 condições iniciais	128
Figura 8.7 - Comportamento do reservatório da Apartadura com recurso às séries sintéticas, para cada uma das 4 condições iniciais	130
Figura 8.8 - Comportamento do reservatório da Póvoa com recurso às séries sintéticas, para cada uma das 4 condições iniciais	131
Figura 8.9 - Comportamento do reservatório do Caia com recurso às séries sintéticas, para cada uma das 4 condições iniciais	132

Figura 9.1 - Diagrama de comportamento do reservatório do Pisão para fazer face ao consumo da rega e de abastecimento público da Apartadura	138
Figura 9.2 - Diagrama de comportamento do reservatório do Pisão para fazer face ao consumo da rega e de abastecimento público do Caia	139
Figura 9.3 - Diagrama de comportamento do reservatório do Pisão para fazer face ao consumo da rega e de abastecimento público da Apartadura e do Caia	139
Figura 9.4 - Correlograma da série de escoamentos anuais de Couto de Andreiros	143
Figura 9.5 - Comportamento do reservatório de Couto de Andreiros com recurso às séries sintéticas, para fazer face às falhas da Apartadura, do Caia e de ambos os sistemas.	147

INDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Finalidade das barragens que servem o sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano	7
Quadro 2.2 - Principais características das barragens que servem o sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano	7
Quadro 2.3 - Principais características das albufeiras que servem o sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano	8
Quadro 4.1 - Classe de relevo segundo a declive médio das vertentes	27
Quadro 4.2 - Caracterização fisiográfica das bacias em estudo	29
Quadro 5.1 - Características das estações consideradas	33
Quadro 5.2 - Correlação entre as estações	36
Quadro 5.3 - Estações com falhas e respectivas estações consideradas para as completar	37
Quadro 5.4 - Registos completos de precipitação	38
Quadro 5.5 - Estações que servem como base para o cálculo da Estação Tipo	41
Quadro 5.6 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia da Apartadura	44
Quadro 5.7 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia da Póvoa	44
Quadro 5.8 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia da Caia	44
Quadro 5.9 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia da Apartadura	46
Quadro 5.10 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia da Póvoa	46
Quadro 5.11 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia da Caia	46
Quadro 5.12 - Comparação entre os métodos de precipitação ponderada	47
Quadro 5.13 - Precipitação ponderada para as bacias em estudo	48
Quadro 6.1 - Características da estação hidrométrica considerada	50

Quadro 6.2 - Caracterização fisiográfica da bacia da Ribera de Seda até à estação de Couto de Andreiros	51
Quadro 6.3 - Características das estações udométricas consideradas.	52
Quadro 6.4 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia de Couto Andreiros	52
Quadro 6.5 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia de Couto Andreiros	52
Quadro 6.6 - Registos de precipitação ponderada e escoamento na bacia delimitada pela estação de Couto de Andreiros	55
Quadro 6.7 - Parâmetros da regressão estatística precipitação/ escoamento da bacia de Couto de Andreiros	56
Quadro 6.8 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Apartadura	57
Quadro 6.9 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Póvoa	58
Quadro 6.10 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Caia	59
Quadro 7.1 - Valores de consumo de rega considerados para as albufeiras do Caia e da Apartadura	62
Quadro 7.2 - Comparação dos valores de população residente nos censos de 1991 e nos censos de 2001	64
Quadro 7.3 - Evolução da população residente	65
Quadro 7.4 - Evolução da população flutuante	67
Quadro 7.5 - Níveis de Capitação	72
Quadro 7.6 - Capitação ponderada por concelho	72
Quadro 7.7 - Componente de consumo industrial	73
Quadro 7.8 - Evolução da percentagem de perdas consideradas	75
Quadro 7.9 - Avaliação das necessidades hídricas do sistema da Apartadura	78
Quadro 7.10 - Avaliação das necessidades hídricas do sistema da Póvoa	80
Quadro 7.11 - Avaliação das necessidades hídricas do sistema do Caia	81
Quadro 7.12 - Evolução das necessidades hídricas da Apartadura	82
Quadro 7.13 - Evolução das necessidades hídricas da Póvoa	83
Quadro 7.14 - Evolução das necessidades hídricas do Caia	83
Quadro 8.1 - Análise estatística das séries históricas	86
Quadro 8.2 - Resultados do teste de Mann-Kendall	89
Quadro 8.3 - Resultados do teste de Mann-Whitney	91

Quadro 8.4 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento da Apartadura	94
Quadro 8.5 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento da Póvoa	95
Quadro 8.6 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento do Caia	96
Quadro 8.7 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Normal	109
Quadro 8.8 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros	109
Quadro 8.9 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	110
Quadro 8.10 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros	110
Quadro 8.11 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Gama	110
Quadro 8.12 - Número de valores nulos obtidos na séries geradas	112
Quadro 8.13 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Normal	113
Quadro 8.14 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros	113
Quadro 8.15 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	113
Quadro 8.16 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros	114
Quadro 8.17 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Gama	114
Quadro 8.18 - Número de valores nulos obtidos nas séries geradas	115
Quadro 8.19 - Comparação das estatísticas históricas dos	116

escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Normal	
Quadro 8.20 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros	116
Quadro 8.21 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	117
Quadro 8.22 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros	117
Quadro 8.23 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Gama	117
Quadro 8.24 - Número de valores nulos obtidos nas séries geradas	119
Quadro 8.25 - Principais características das albufeiras	121
Quadro 8.26 - Volumes de armazenamento considerados no início do primeiro período t	121
Quadro 8.27 - Necessidade de água anuais consideradas nas albufeiras	122
Quadro 8.28 - Outros consumos de água anuais	123
Quadro 8.29 - Valores de probabilidade de falha e garantia de abastecimento anual calculados para cada uma das condições iniciais	125
Quadro 9.1 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Couto de Andreiros	137
Quadro 9.2 - Valores de probabilidade de falha e garantia de abastecimento anual calculados para a albufeira do Pisão para fazer face à rega e ao abastecimento público	138
Quadro 9.3 - Análise estatística da série histórica de Couto de Andreiros	140
Quadro 9.4 - Resultados do teste de Mann-Kendall	141
Quadro 9.5 - Resultados do teste de Mann-Whitney	141
Quadro 9.6 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento de Couto de Andreiros.	142
Quadro 9.7 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Normal	144

Quadro 9.8 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros	144
Quadro 9.9 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	144
Quadro 9.10 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros	145
Quadro 9.11 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Gama	145
Quadro 9.12 - Número de valores nulos obtidos nas séries geradas	146

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição
A	Área da bacia
a	Parâmetro de localização da distribuição Log-Normal a 3 parâmetros
a^*	Volume armazenado no início do ano hidrológico de 2010
A_i	Área entre duas curvas de nível consecutivas
A_{inf}	Área de influência da estação
A_t	Área total
c	Constante a adicionar aos escoamentos anuais históricos para permitir a logaritmização dos escoamentos nulos
C	Capacidade ou volume de armazenamento do reservatório
$Comp.ind$	Componente do consumo industrial
D_d	Densidade de drenagem
D_m	Declive médio
D_t	Consumo durante o período de tempo t
E_t	Evaporação do reservatório no período de tempo t
G	Garantia anual de abastecimento
g_y	Coefficiente de assimetria da série de escoamento anual logaritmizada
\bar{H}	Altura média da bacia
n_x	Coefficiente de variação da variável aleatória X
j	Número de estações
j	Número de isoietas
k	Incremento temporal do coeficiente de auto correlação
K_c	Coefficiente de Compacidade
K_f	Factor de forma
L	Comprimento da linha de água principal
L_T	Comprimento total das linhas de água
L_t	Outras pedras
$M(\hat{\theta})$	Média da estatística $\hat{\theta}$ das séries sintéticas
$N.dias_{pop.}$	Número de dias em que a $Pop_{Flutuante}$ consome água
$N.dias_{pop.}$	Número de dias em que a $Pop_{Residente}$ consome água
n_F	Números de anos em que o reservatório não satisfaz o consumo
$Nivel_{Atendi}$	Porcentagem de população considerada atender pelo sistema de abastecimento

Símbolo	Descrição
NMC	Nível Máximo de Cheia
Nme	Nível Mnimo de Exploração
NPA	Nível de Pleno Armazenamento
n_t	Número total de anos em análise
$O(x_i)$	Número de ordem da observação x_i na série de escoamento anual
P	Perímetro da bacia
P_F	Probabilidade de falha
P_i	Precipitação caída na estação
\bar{P}_i	Precipitação média entre as isoietas adjacentes
$Pop_{Flutuante}$	Número de habitantes flutuantes
$Pop_{Resident}$	Número de habitantes residentes
P_P	Precipitação ponderada
Q_t	Afluência durante o período de tempo t
r_k	Coefficiente de autocorrelação da variável aleatória X
S	Estatística de Mann- Kendall
$s(\hat{\theta})$	Desvio padrão da estatística $\hat{\theta}$ das séries sintéticas
σ_x	Desvio padrão da variável aleatória X
S_x	Desvio padrão da série de escoamento anual
s_y	Desvio padrão da série de escoamento anual logaritmizada
t_i^*	Série de variáveis aleatórias com distribuição Normal $N(0,1)$
u_i^*	Série de variáveis aleatórias com distribuição uniforme em $[0,1]$
\hat{v}_i	Série de escoamento anual estandardizada com distribuição Gama
w	Parâmetro calculado em função do coeficiente de assimetria da série histórica de escoamento anual para cálculo do parâmetro a
\bar{x}	Média da série de escoamento anual
x_i	Série histórica de escoamento anual
\hat{x}_i^*	Série sintética de escoamento anual
\bar{y}	Média da série de escoamento anual logaritmizada
y_i	Série histórica de escoamento anual logaritmizada
\bar{Z}	Altitude média da bacia
$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$	Quantil $1 - \frac{\alpha}{2}$ da distribuição normal estandardizada
\bar{Z}_i	Altitude média entre duas curvas de nível consecutivas

Símbolo	Descrição
Z_{min}	Altitude mínima da bacia
Z_{minimo}	Altitude minima
Z_{MK}	Estatística do Teste de Mann-Kendall
Z_{MK}	Estatística do Teste de Mann-Kendall
$Z_{nascente}$	Altitude da nascente
Z_t	Armazenamento no início do período de tempo t
Z_{t+1}	Armazenamento no final do período de tempo t
γ_x	Coefficiente de assimetria da variável aleatória X
ρ_k	Coefficiente de autocorrelação de incremento k da variável aleatória X
μ_x	Média da variável aleatória X
α	Nível de significância
θ	Estatística da série histórica

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICAÇÃO E ENQUADRAMENTO

A "Avaliação das necessidades e disponibilidades hídricas superficiais de abastecimento de água da empresa Águas do Norte Alentejano" é um elemento fundamental para a gestão e optimização da exploração dos recursos hídricos, tão imprescindível para o desenvolvimento da região.

O sistema multimunicipal de abastecimento de água Norte Alentejano, corresponde à área geográfica do distrito de Portalegre. Esta área compreende 15 concelhos, os quais tem como principal fonte de abastecimento de águas superficiais, nomeadamente, a albufeira da Apartadura, a albufeira do Caia e a albufeira de Póvoa e Meadas (doravante designada abreviadamente por Póvoa). Tal facto, torna prioritário a realização desta dissertação, a qual se pretende que se torne numa ferramenta de apoio à decisão e consequentemente, se traduza na optimização da gestão e exploração dos recursos hídricos.

1.2 OBJECTIVOS DO ESTUDO

Os objectivos do estudo são os seguintes:

1. Análise das origens de água superficiais utilizadas para abastecimento público;

2. Avaliação dos actuais consumos e da sua evolução futura, o que permitirá a avaliação das necessidades do sistema;
3. Simulação de exploração de cada uma das albufeiras, utilizando no método de simulação, em conjunto com as séries sintéticas de dados;
4. Avaliação de outras origens a considerar, nomeadamente a futura albufeira do Pisão, como complemento às origens actuais de águas superficiais.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho encontra-se dividido em 10 capítulos. Este primeiro capítulo compreende uma breve introdução ao tema em estudo e são enumerados os objectivos a atingir.

No segundo capítulo é realizado uma breve caracterização do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano.

O terceiro capítulo contempla uma caracterização edafo-climática da área de intervenção do sistema multimunicipal.

No quarto capítulo é apresentado a caracterização fisiográfica das bacias hidrográficas das linhas de água que alimentam as barragens do sistema multimunicipal.

O quinto capítulo é dedicado à caracterização do regime pluviométrico, enquanto que, no sexto capítulo se faz uma caracterização do escoamento.

No sétimo capítulo são avaliados os actuais consumos e sua evolução futura.

O oitavo capítulo compreende a simulação do regime de exploração, utilizando séries sintéticas de escoamento e determinando os volumes de armazenamento.

No nono capítulo são avaliadas outras potenciais origens, nomeadamente a futura albufeira do Pisão.

No décimo e último capítulo apresenta-se um resumo e as conclusões obtidas com este estudo e são apresentadas algumas recomendações.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA MULTIMUNICIPAL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO NORTE ALENTEJANO

2.1 LOCALIZAÇÃO

A zona de intervenção objecto do estudo, ocupa uma área de 6065 Km² com uma população aproximada de 130 000 habitantes e estende-se pelos 15 municípios do Distrito de Portalegre: Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre e Sousel (Figura 2.1).

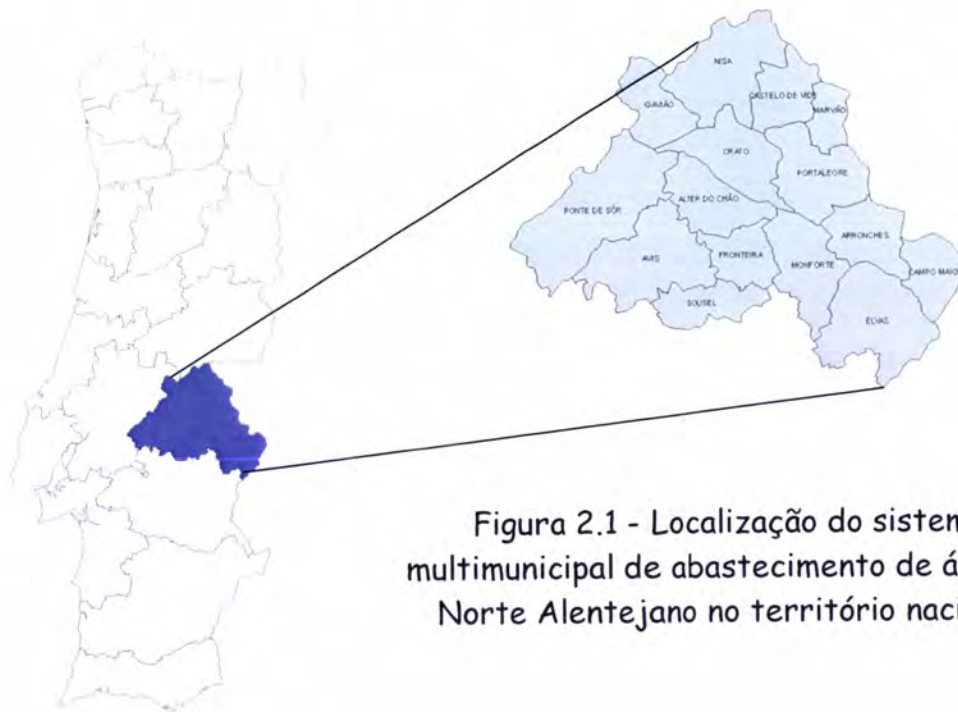


Figura 2.1 - Localização do sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano no território nacional

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA MULTIMUNICIPAL

O sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano, tem por missão prestar um serviço público no âmbito do abastecimento de água e na recolha e tratamento de águas residuais "em alta" e num contexto global, em compromisso com o ambiente, qualidade, segurança, responsabilidade social e a dinâmica económico-financeira no Norte Alentejano (Estudo Prévio do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Norte Alentejano, 2001).

Entenda-se por sistema de abastecimento em alta, a captação, o tratamento e o transporte de água até ao ponto de entrega localizado a montante do reservatório de distribuição. E sequencialmente, o sistema em baixa, tem início nesse mesmo reservatório, passando pela rede de distribuição até ao contador do consumidor final.

2.2.1 Origens de água superficiais

O sistema multimunicipal de abastecimento do Norte Alentejano abrange áreas distribuídas pelas bacias hidrográficas dos rios Guadiana e Tejo, tendo três origens de água superficiais com diversas finalidades, apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 2.1 - Finalidade das barragens que servem o sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano

Nome	Concelho	Finalidade
Apartadura	Marvão	Abastecimento público / Rega
Caia	Elvas	Abastecimento público / Abastecimento industrial / Rega
Póvoa	Castelo Vide	Abastecimento publico / Produção de energia

A gestão e exploração destas albufeiras não é responsabilidade directa da empresa Águas do Norte Alentejano, tendo sido apenas concedido pelo Ministério do Ambiente a autorização de captação de água para abastecimento público. Assim, o ónus de gestão e exploração para a albufeira da Apartadura e para a albufeira da Póvoa, cabe ao Instituto da Água (INAG), enquanto que, para a albufeira do Caia, o ónus recai sobre o Instituto de Hidráulica Engenharia Rural e Ambiente (IHERA).

A localização destas barragens é apresentada no Anexo 8 - Peças Desenhadas Figura 1, sendo apresentado nos quadros seguintes as principais características de cada uma das barragens e respectivas albufeiras.

Quadro 2.2 - Principais características das barragens que servem o sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano

Nome	Cota do coroamento (m)	Comprimento do coroamento (m)	Altura acima da fundação (m)	Altura acima do terreno natural (m)	Linha de água principal
Apartadura	598,00	291,30	46,50	44,50	Rib. de Reveladas
Caia	235,20	949,00	52,00	45,20	Rio Caia
Póvoa	313,50	400,00	32,00	28,50	Rib. de Nisa

Quadro 2.3 - Principais características das albufeiras que servem o sistema multimunicipal de abastecimento de água do Norte Alentejano

Nome	Nme (m)	NPA (m)	NMC (m)	Volume Total (hm ³)	Volume Útil (hm ³)	Volume Morto (hm ³)
Apartadura	568,00	595,0	595,50	7,47	6,98	0,49
Caia	192,40	233,5	233,90	203,0	192,30	10,70
Póvoa	298,50	311,45	313,00	19,30	18,80	0,50

2.2.2 Subsistemas de abastecimento

De cada uma das origens de água referidas, foram desenvolvidos subsistemas de abastecimento, que compreendem as etapas de captação, de tratamento, de transporte e de distribuição de água em alta, que são seguidamente descritas de modo sintetizado.

As captações de água superficiais associadas a cada uma das três origens referidas são soluções claramente distintas apesar de terem potenciais de captação semelhantes (700 m³/hora).

No caso da albufeira da Apartadura, a captação de água efectua-se através duma torre localizada na margem direita, constituída por dois orifícios com as soleiras às cotas 566,0 e 580,0 m.

Na albufeira do Caia, a tomada de água para abastecimento público é efectuada de modo gravítico, a cerca de 3,3 km do corpo da barragem, no canal geral de rega.

A captação de água na albufeira da Póvoa efectua-se através duma jangada localizada junto à margem. Esta infra-estrutura flutuante tem a potencialidade de acompanhar a variação do nível do espelho de água da

albufeira, garantindo assim, que a toma de água é realizada na profundidade adequada.

As soluções de tratamento preconizadas em cada uma das estações existentes, dotam estas instalações dos meios para fazer face à elevada variabilidade sazonal da qualidade de água, resultantes entre outros factores, quer do regime de pluviosidade típico destas regiões mediterrânicas, quer das actividades agrícolas desenvolvidas nas respectivas bacias hidrográficas. De um modo geral a linha de tratamento compreende:

- Pré-oxidação;
- Adsorção por carvão activado em pó;
- Coagulação;
- Flocculação / decantação ou flotação;
- Filtração em filtros de areia, abertos;
- Correção do equilíbrio calco-carbónico;
- Desinfecção final.

A capacidade de produção do sistema é de 54.500 m³/dia e o sistema de transporte compreende mais de 700 quilómetros de condutas adutoras quer de ferro fundido dúctil, quer de polietileno de alta densidade, cujos diâmetros nominais variam entre os 63 e os 600 mm. Além das condutas adutoras, o sistema de transporte compreende também 23 estações elevatórias, cujas potências variam entre 5 e 250 kW, e 16 reservatórios de

regularização cujas capacidades de armazenamento variam entre 50 m³ e os 3.000 m³.

Os subsistemas de abastecimento descritos são apresentados no Anexo 8 - Peças Desenhadas Figura n.º2.

3. CARACTERIZAÇÃO EDAFO-CLIMÁTICA

Este capítulo tem como principal objectivo a avaliação do nível de permeabilidade do solo, subsolo e coberto vegetal da área do distrito de Portalegre, o que se traduz na forma como a água se movimenta no interior da bacia. Por sua vez, encontra-se associado aos processos de erosão e consequentemente, com a maior ou menor probabilidade de ocorrência de cheia.

3.1 GEOLOGIA

O território Português divide-se em três grandes unidades geotectónicas, nomeadamente, o Maciço Hespérico, as Orlas Mesocénózoicas e a Bacia Terceária do Tejo e Sado.

O Maciço Hespérico é composto, de Norte para Sul, pela Zona Cântabrica, pela Zona Astúrico-Ocidental Leonesa, pela Zona Centro Ibérica, pela Zona Ossa Morena, e pela Zona Sul Portuguesa (Figura 3.1). O distrito de Portalegre (área de influência do estudo), abrange a Zona de Ossa Morena e a Zona Centro Ibérica. A separação entre estas duas unidades estruturais é materializada por um acidente tectónico com alguma importância, o cavalgamento de Portalegre, que se prolonga, de Badajoz a norte até Ferreira do Zêzere (Teixeira e Gonçalves et al. 1980).

A Zona Centro Ibérica, subdivide-se em três domínios. De norte para sul temos, o Domínio Parautóctone ou Peri-Transmontano, o Domínio Alóctone ou Centro-Transmontano e Domínio Autóctone ou Super Grupo Dúrico-Beirão.

Por outro lado, a Zona de Ossa Morena, compreende, de norte para sul, a Faixa Blastomilonítica, o Sector Alter do Chão-Elvas, o Sector Estremoz-Barrancos, o Sector Montemor-Ficalho e o Complexo de Beja.

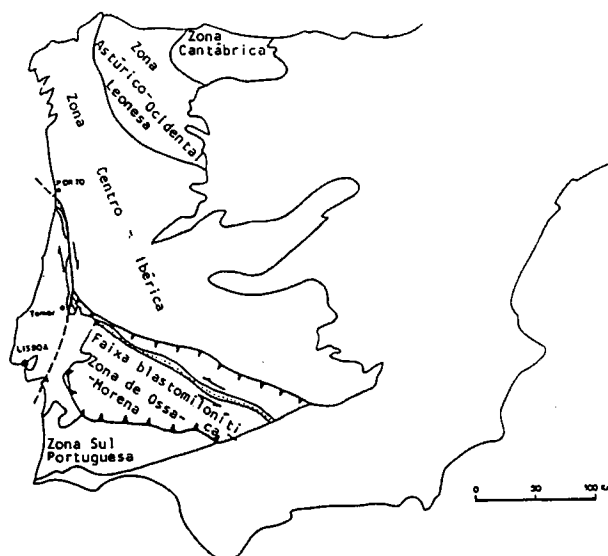


Figura 3.1 - Localização das unidades estruturais de Portugal continental. (Adaptado de Chácon et al., 1983).

No distrito de Portalegre realçam-se duas formações em especial. Na primeira, a Zona Centro Ibérica, localizada a nordeste do cavaleamento de Portalegre, é importante o Domínio Autóctone, marcado pela discordância dos Quartzitos Armorianos com o Complexo Xisto-Grauváquico, e pelo metamorfismo regional de várias fáceis, associado às intrusões de

granitóides (Gonçalves, 1971). Na segunda, a Zona de Ossa Morena, a sudoeste do referido cavalgamento, surge a Faixa Blastomilonítica caracterizada pela presença de rochas de grau elevado a baixo metamorfismo e pelos múltiplos acidentes de componente cisalhante e cavalgante que afectam as formações proterozóicas, por vezes acompanhadas de afloramentos de rochas peralcalinas e maciços granitóides (Gonçalves, 1971).

Segundo Gonçalves et al. (1971), as formações do Precâmbrico ocorrem exclusivamente na Zona de Ossa Morena, estendendo-se desde o Crato até Campo Maior. Estas compreendem, as rochas ultrametamórficas, as rochas porfiróides, os xistos e grauvaques por vezes metamorfizados com quartzitos negros e calcários cristalinos.

As formações do Paleozóico podem dividir-se em duas grandes áreas. A primeira, enquadra-se na Zona Centro Ibérica e engloba o Ordovícico, Silúrico e Devónico; aflora a este do distrito, perto da fronteira com Espanha. A segunda, corresponde ao Câmbrico, enquadra-se na Zona de Ossa Morena, e possui alinhamentos estruturais paralelos às formações do Precâmbrico, uma vez que as envolve (Gonçalves, 1971).

As formações do Paleozóico que se situam na Zona Centro Ibérica são essencialmente constituídas por xistos, arenitos e calcários (Formação de S.

Mamede), quartzitos e xistos indiferenciados (Formação dos Quartzitos Armoricanos), xistos negros, liditos, ampelitos e quartzitos.

Por sua vez, na Zona de Ossa Morena surgem (Gonçalves, 1971), calcários dolomíticos, mármore, conglomerados e vulcanitos ácidos.

As rochas magmáticas afloram em grande parte da área e segundo Gonçalves (1971), na Zona de Ossa Morena são constituídas por granitos de duas micas, por granitos de duas micas porfiróides, gabros e dioritos.

Na Zona Centro Ibérica, na parte norte do concelho, surgem (Gonçalves, 1971) os ortognaisses e granitos.

3.2 SOLOS

Os tipos de solo predominantes no distrito de Portalegre, são essencialmente agrupados em 4 grandes grupos, nomeadamente, os litossolos, os cambiosolos, os luvisolos e os podzois, como se pode ver na carta do tipo de solos no Anexo 8 - Peças desenhadas Figura 3.

Os litossolos são solos incipientes, derivados de rochas consolidadas, de espessura efectiva normalmente inferior a 10 cm. Não apresentam horizontes genéticos definidos, de baixo teor orgânico. Contêm, em regra, apreciável proporção de fragmentos da rocha-mãe que podem apresentar uma certa meteorização.

Os luvisolos são uma subcategoria dos litossolos, sendo que a diferença, para os anteriores reside na predominância argilosa.

Os cambiosolos são solos em processo de desenvolvimento que se traduz pelo grau de meteorização que apresentam, com espessura efectiva maior que os anteriores, entre 0,5 m e 1,0 m. Contêm material de origem na massa do solo, podendo por vezes apresentar teores orgânicos elevados.

Os podzois têm textura muito ligeira, predominando as fracções de areia grossa e fina, encontrando-se claramente associados à bacia Terceária do Tejo e Sado.

3.3 USO DO SOLOS

Relativamente ao uso do solo, tendo em conta a informação obtida no Altas do Ambiente e como se pode verificar no Anexo 8 Peças desenhadas Figura 4, as actividades com maior predominância são a agricultura e produção de floresta com cerca de 50% da área do distrito de Portalegre. Em seguida surgem os terrenos incultos e improdutivos com ocupação do uso do solo cerca de 35% da área do distrito de Portalegre. Os restantes 15% da área do distrito compreendem águas interiores e usos como ocupação social.

3.4 CLIMATOLOGIA

O clima, segundo Gonçalves (1977), é o conjunto das condições meteorológicas predominantes num local ou região. No entanto, para que se possa definir o clima de uma região, é necessário que haja um número suficiente de anos de observações dos elementos meteorológicos. Número esse, pelo menos igual ou superior a 30 observações.

O clima de uma dada região é condicionado pelos vários aspectos regionais, como é o caso da Serra de São Mamede. No entanto trata-se de uma região onde o traço geográfico é a peneplanície. De um modo geral, o clima é considerado temperado com o verão seco, e chuva abundante no inverno. O vento seco e quente que sopra por vezes na primavera e verão tem predominantemente a direcção Sudeste.

3.4.1 Temperatura

A temperatura do ar, segundo Peixoto (1987), é o elemento mais importante para descrever o clima de um local ou região. Este elemento varia durante o dia, apresentando em geral, um mínimo pouco antes do sol nascer e um máximo cerca de uma a duas horas, depois do meio dia solar.

A amplitude média da variação diurna da temperatura do ar varia durante o ano com certa regularidade (Figura 3.2) e tem o valor mínimo no

mês de Janeiro e o máximo no mês de Agosto. Nalguns casos, o máximo pode ser, ou em Julho ou em Setembro.

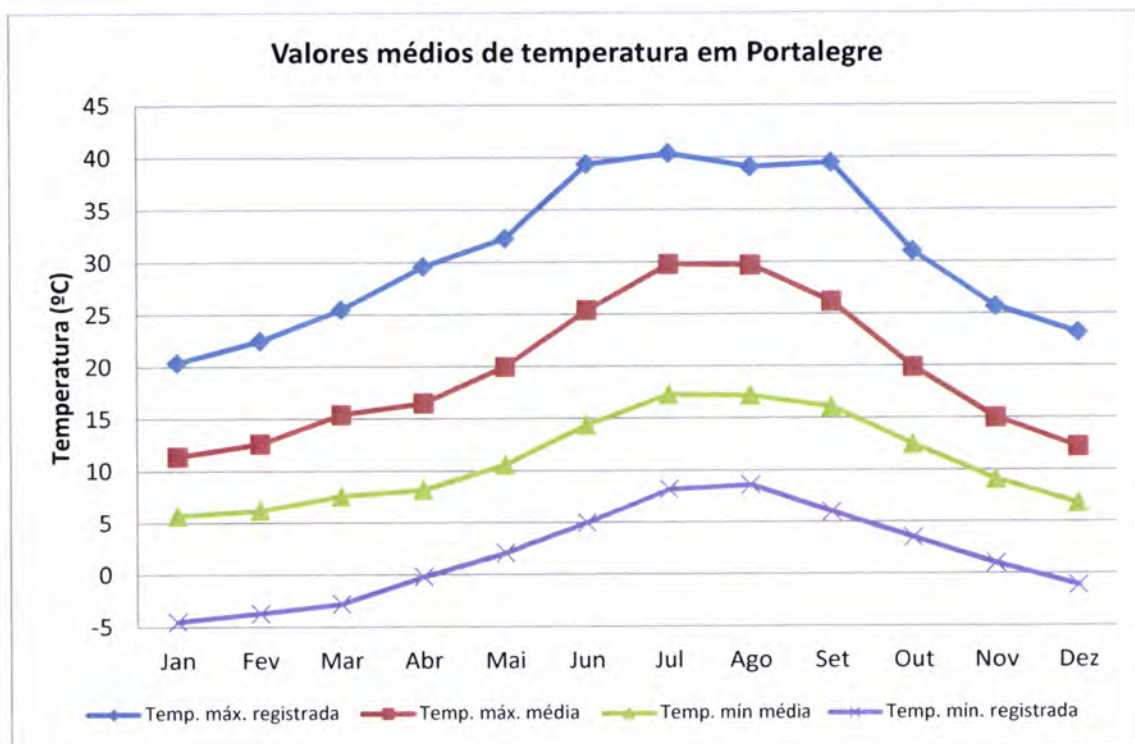


Figura 3.2 - Valores médios mensais de temperatura em Portalegre (Fonte do Instituto de Meteorologia).

3.4.2 Precipitação

Segundo Peixoto (1987), a precipitação é o elemento climático mais importante depois da temperatura do ar.

O fluxo das nascentes, o escoamento e o nível das águas superficiais e subterrâneas estão relacionados com a quantidade de água recebida na bacia hidrológica sob a forma de precipitação.

Os valores médios mensais de precipitação apresentam grandes variações durante o ano (Figura 3.3) e de um modo inverso à temperatura. Tem o mínimo em Julho e o máximo em Janeiro. De um modo geral, o semestre seco é o período de meses de Abril a Setembro ou Maio a Outubro, a que corresponde em média um quarto do valor anual da precipitação.

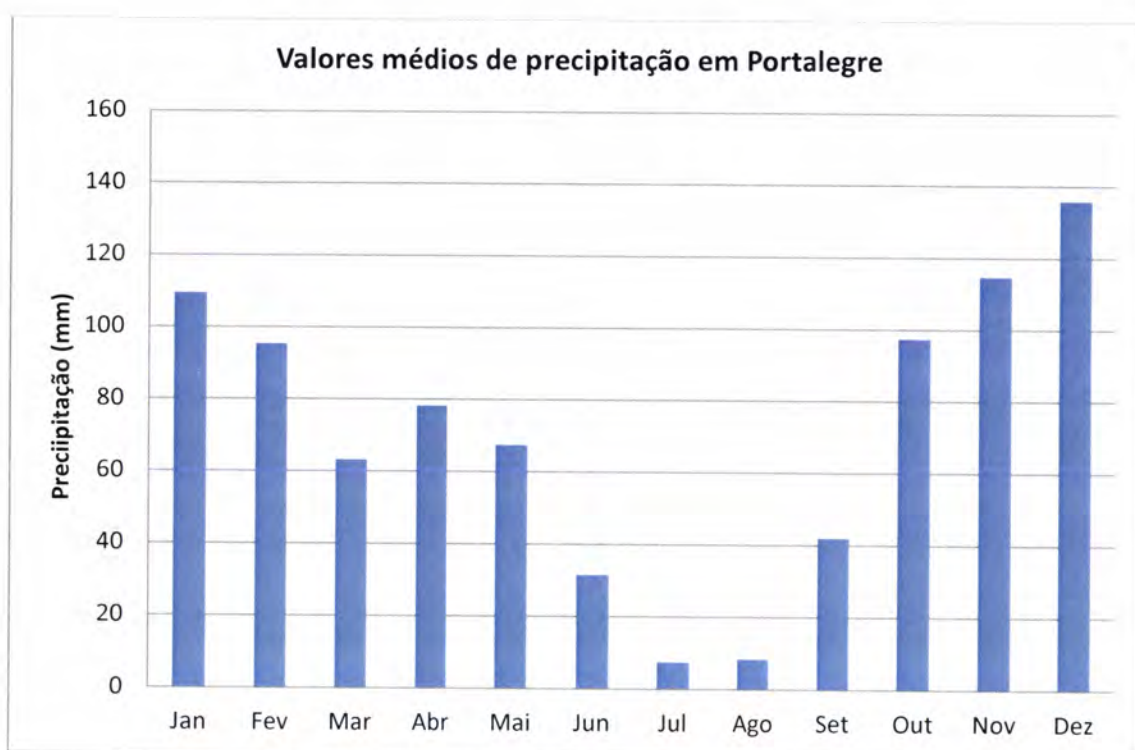


Figura 3.3 - Valores médios mensais de precipitação em Portalegre (Fonte do Instituto de Meteorologia).

3.4.3 Evapotranspiração

A evapotranspiração, como o próprio nome indica, é a perda de água do solo por evaporação e a perda de água das plantas por transpiração, sendo que ambos os processos são considerados em conjunto.

A variação da evapotranspiração ao longo do ano apresenta uma certa regularidade (Figura 3.4) e tem o valor mínimo no mês de Dezembro e o máximo no mês de Julho. Por vezes o mínimo pode ocorrer no mês de Janeiro e o máximo pode ocorrer no mês de Agosto.

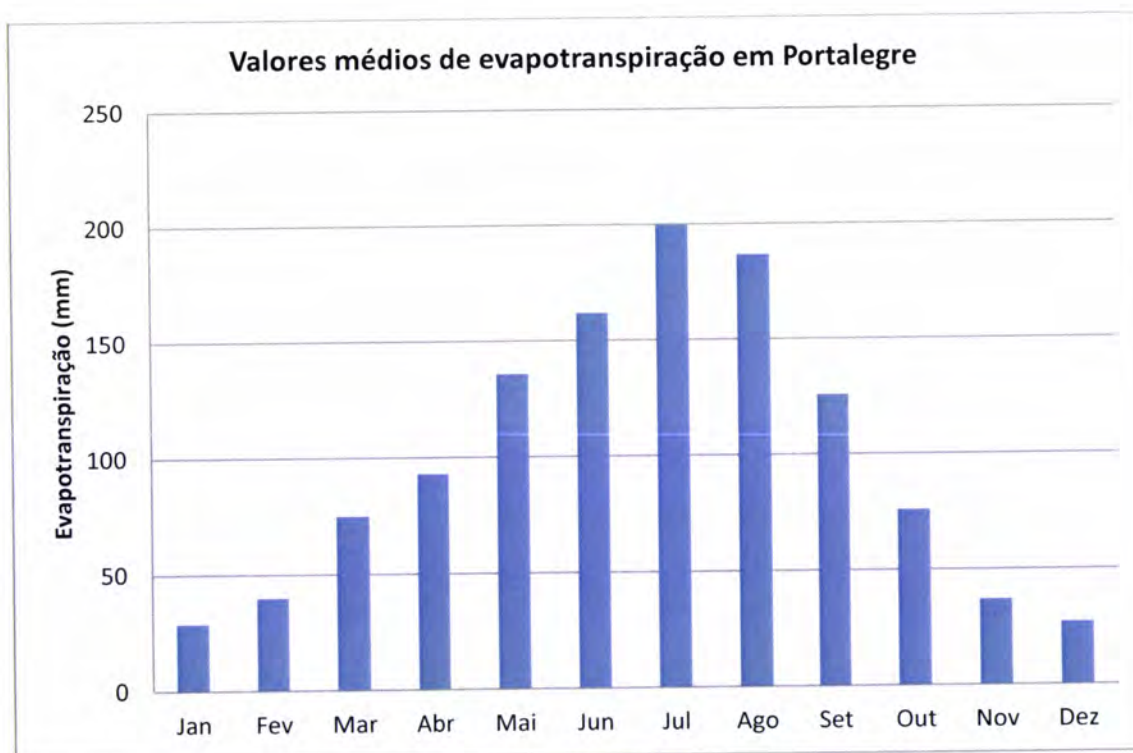


Figura 3.4 - Valores médios mensais de evapotranspiração em Portalegre (Fonte do Instituto de Meteorologia).

4. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

Neste capítulo pretende-se efectuar a caracterização fisiográfica das bacias hidrográficas em estudo. Entenda-se como características fisiográficas, aquelas características que podem ser obtidas a partir das cartas militares, fotografias aéreas ou imagens de satélite e que influenciam o comportamento hidrológico das bacias.

4.1 APRESENTAÇÃO DAS BACIAS

As bacias em estudo correspondem às bacias hidrográficas cujas linhas de água alimentam as barragens, que servem o sistema multimunicipal do Norte Alentejano, já referido no capítulo 2.

Assim, vão-se estudar as seguintes bacias:

- Bacia hidrográfica da ribeira de Reveladas na secção da barragem da Apartadura (Anexo 8 Peças Desenhadas Figura 5), doravante designada Bacia da Apartadura;
- Bacia hidrográfica da Ribeira de Nisa na secção da barragem da Póvoa (Anexo 8 Peças Desenhadas Figura 6) doravante designada Bacia da Póvoa;
- Bacia hidrográfica do rio Caia na secção da barragem do Caia (Anexo 8 Peças Desenhadas Figura 7) doravante designada Bacia do Caia.

4.2 CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICAS

As características geométricas consideradas foram, a sua área, o seu perímetro e a sua forma. Esta última característica, é particularmente importante, pois permite inferir acerca da tendência de ocorrência de cheias na bacia. Na análise de forma da bacia, além da análise qualitativa que resulta da sua observação, recorreu-se à análise quantitativa, baseada no Coeficiente de Compacidade e no Factor de Forma que em seguida se descrevem.

4.2.1 Coeficiente de Compacidade

Este coeficiente adimensional, traduz a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de área igual, e expressa-se por:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3.1)$$

Em que:

K_c - Coeficiente de compacidade

P - Perímetro da bacia (km)

A - Área da bacia (km²)

O Coeficiente de Compacidade K_c , no mínimo será igual à unidade, o que traduz uma bacia circular, com um tempo curto de concentração e grande tendência para ocorrência de cheia.

4.2.2 Factor de forma

O factor de forma, é também adimensional e expressa a relação entre a largura média da bacia e o comprimento da bacia, podendo ser calculado pela seguinte expressão:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (3.2)$$

Em que:

K_f - Factor de forma

A - Área da bacia (km^2)

L - Comprimento da linha de água principal (km)

Uma bacia com um factor de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra do mesmo tamanho, porém com maior factor de forma.

4.3 CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM

As características da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica consideradas são, o comprimento da linha de água principal e a densidade da rede de drenagem.

4.3.1 Comprimento da linha de água principal.

Esta característica traduz o comprimento da maior linha de água, no interior da bacia hidrográfica.

4.3.2 Densidade da rede de drenagem.

A densidade de drenagem corresponde à relação entre o comprimento total das linhas de água da bacia e a sua área, representada pela seguinte expressão:

$$D_d = \frac{L_T}{A}$$

Em que:

(3.3)

D_d - Densidade de drenagem (km/ km²)

A - Área da bacia (km²)

L_T - Comprimento total das linhas de água (km)

Quanto mais baixo for a densidade de drenagem, mais plano e suave é o relevo, potencializando a infiltração e originando escoamento superficial pouco significativo. O resultado desta expressão depende claramente da escala de trabalho. Para uma escala de 1/25.000, escala em que desenvolve o estudo, uma densidade de drenagem média está compreendida entre 3 a 5 km/km².

4.4 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

As características do relevo de uma bacia hidrográfica consideradas são, a altitude máxima, a altitude mínima, a altitude da nascente, o declive médio e o declive médio da linha de água principal.

4.4.1 Altitude máxima

A altitude, por definição, é a distância medida na vertical entre o nível médio da água do mar e um determinado local. Consequentemente, a altitude máxima corresponde ao local mais elevado no interior da bacia, cuja distância na vertical, ao nível médio da água do mar seja maior.

4.4.2 Altitude mínima

De igual modo, a altitude mínima corresponde ao local mais baixo no interior da bacia cuja distância na vertical ao nível médio da água do mar seja menor.

4.4.3 Altitude da nascente

Por analogia com os pontos anteriores, a altitude da nascente, corresponde à distância na vertical entre o nível médio da água do mar e o local da nascente da principal linha de água da bacia.

4.4.4 Altitude média

Esta característica, é traduzida pela seguinte expressão:

$$\bar{Z} = \frac{\sum \bar{Z}_i \times A_i}{A} \quad (3.4)$$

Em que:

\bar{Z} - Altitude média da bacia (m)

\bar{Z}_i - Altitude média entre duas curvas de nível consecutivas (m)

A_i - Área entre duas curvas de nível consecutivas (km²)

A - Área da bacia (km²)

4.4.5 Altura média

A altura média pode ser calculada, através da seguinte expressão:

$$\bar{H} = \bar{Z} - Z_{min} \quad (3.5)$$

Em que:

\bar{H} - Altura média da bacia (m)

\bar{Z} - Altitude média da bacia (m)

Z_{min} - Altitude mínima da bacia (m)

4.4.6 Declive médio da bacia

O declive médio de uma bacia hidrográfica caracteriza a orografia da superfície do terreno. Por norma, a declives maiores corresponde a uma zona de altitudes mais elevadas e mais acidentadas. O relevo pode ser classificado, em função do declive, de acordo com o quadro seguinte:

Quadro 4.1 - Classe de relevo segundo a declive médio das vertentes
(adaptado de Costa e Lança, 2001)

Tipo de Relevo	Declive
Plano	0 a 2%
Levemente ondulado	2 a 5%
Ondulado	5 a 10%
Muito Ondulado	10 a 20%
Montanhoso	20 a 50%
Muito Montanhoso	50 a 90%
Escarpado	90 a 100%

A representação gráfica do relevo de uma bacia é feita através da carta hipsométrica e da carta de declives.

4.4.7 Declive médio da linha de água principal

O declive médio da linha de água principal é dado por:

$$D_m = \frac{Z_{nascente} - Z_{min}}{1000 \times L} \quad (3.6)$$

Em que:

D_m - Declive médio (%)

$Z_{nascente}$ - Altitude da nascente (m)

Z_{minimo} - Altitude mínima (m)

L - Comprimento da linha de água principal (m)

4.5 RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS BACIAS EM ESTUDO

A caracterização fisiográfica para as 3 bacias em estudo é apresentada no quadro seguinte, sendo complementadas com as cartas que se apresentam no Anexo 8, Peças desenhadas, Figuras 8 a 14, elaboradas com recurso ao software Arcgis, da Esri Portugal.

Quadro 4.2 - Caracterização fisiográfica das bacias em estudo

ALBUFEIRA	APARTADURA	PÓVOA	CAIA
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Área (km ²)	8,481	150,262	576,701
Perímetro (km)	13,385	70,934	146,111
Forma da bacia:			
• Coef. Compacidade	1,287	1,62	1,704
• Factor de Forma	0,715	0,239	0,303
CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM			
Comprimento da linha de água principal (m)	3444,247	25100,182	43662,58
Comprimento total das linhas de água (m)	38703,024	1142126,945	3517203,967
Densidade da rede de drenagem	4,563	7,601	6,099
CARACTERÍSTICAS DO RELEVO			
Altitude máxima (m)	1023,0	978,0	1023,0
Altitude mínima (m)	554,0	284,0	183,5
Altitude da nascente (m)	982,0	883,0	948,0
Altitude média (m)	718,0	466,9	351,7
Altura média (m)	164,0	182,9	168,2
Declive médio da bacia	12,02%	4,92%	2,50%
Declive médio da linha de água principal	12,43%	2,39%	1,75%

Analisando o quadro anterior, pode concluir-se que, na generalidade, são bacias hidrográficas alongadas, com baixa probabilidade de ocorrência de cheias e uma densidade de drenagem considerada média.

Em relação ao relevo das bacias, pode ver-se que elas apresentam alturas médias semelhantes, na ordem dos 160 metros. A bacia da Apartadura, por se situar em plena zona da Serra de S. Mamede, tem um relevo mais acidentado.

5. CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

A caracterização do regime pluviométrico traduz-se por uma análise ponderada da precipitação. Para tal, recorrer-se-á a um de dois métodos recomendados por Lencastre e Franco (1992). São eles, o Método dos Polígonos de Thiessen, onde os polígonos traçados definem a área de influência do posto udométrico, atribuindo um factor de peso a cada estação, e o Método das Isoietas, mais laborioso, pois exige o traçado das curvas de igual nível de precipitação e o cálculo da área de influência de cada uma destas curvas.

5.1. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Os postos udométricos considerados pertencem à rede udométrica do INAG, recolhidos no site do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), correspondendo a um período de registos de 40 anos compreendido, 1955 e 1995. As 16 estações foram escolhidas tendo em conta os seguintes critérios:

- Estarem localizadas na área circundante às áreas das bacias hidrográficas em estudo;
- Apresentarem mais de 50% dos valores anuais de precipitação.

O mapa de localização, que se apresenta na Figura 5.1, dá uma ideia da sua distribuição pela área circundante à área do distrito de Portalegre.



Figura 5.1 - Localização das estações de precipitação e escoamento

As características das estações escolhidas encontram-se no quadro seguinte, apresentando-se o tipo de estação, a altitude a que se encontram o concelho, a bacia hidrográfica a que pertencem e a data de entrada em funcionamento.

Quadro 5.1 - Características das estações consideradas.

Estação	Tipo	Altitude (m)	Concelho	Bacia Hidrográfica	Data de entrada em funcionamento
Alter do Chão	Udométrica	244	Alter do Chão	Tejo	01-08-1911
Arronches	Udométrica	257	Arronches	Guadiana	01-09-1931
Barragem do Caia	Climatológica	217	Campo Maior	Guadiana	13-01-1964
Cabeço de Vide	Udométrica	271	Fronteira	Tejo	01-11-1931
Castelo de Vide	Udométrica	552	Castelo de Vide	Tejo	01-11-1931
Central da Bruceira	Udométrica	235	Nisa	Tejo	01-10-1929
Comenda	Udométrica	266	Gavião	Tejo	01-10-1956
Fronteira	Udométrica	259	Fronteira	Tejo	01-11-1931
Juromenha	Udométrica	198	Alandroal	Guadiana	01-09-1931
Monforte	Udométrica	259	Monforte	Tejo	01-01-1911
Nisa	Udométrica	294	Nisa	Tejo	01-11-1931
Póvoa e Meadas	Udométrica	334	Castelo de Vide	Tejo	01-10-1940
Santa Eulália	Udométrica	254	Elvas	Guadiana	01-10-1948
Santo Aleixo (Sorraia)	Udométrica	291	Monforte	Tejo	03-11-1931
Vale do Peso	Udométrica	285	Crato	Tejo	07-11-1931
Vila Viçosa	Udométrica	417	Vila Viçosa	Guadiana	01-09-1931

No Anexo 1, encontram-se os registos de precipitação para cada uma das estações escolhidas no intervalo de tempo em consideração.

5.2 TRATAMENTO DOS DADOS

5.2.1 Preenchimento de falhas nas séries de precipitação

Em algumas das estações consideradas, surgem falhas de registos e segundo Heras (1976), as falhas podem ser de dois tipos:

1. Anos aos quais falte valores de três ou menos meses. São o caso das estações de Castelo de Vide, de Fronteira e de Monforte;

2. Anos para os quais não existam quaisquer dados, ou então, os valores em falta sejam superiores a 3 meses. São o caso das restantes estações, como por exemplo, Barragem do Caia, Central da Bruceira e Comenda.

O preenchimento das falhas nas séries de precipitação poderá ser feito por dois métodos, em função do tipo falha definidos anteriormente, isto é:

1. Nas estações onde os anos em falta se deva à falta de valores de três ou menos meses, de acordo com a recomendação do U.S. Weather Bureau, determinam-se as 3 estações que melhor se correlacionam com a estação incompleta, e em seguida calcula-se a média ponderada dessas estações. No entanto, as estações que melhor se correlacionam, devem estar aproximadamente à mesma distância da estação incompleta e devem também estar na mesma vertente e possuir a mesma orientação.
2. Nas estações para as quais não existam quaisquer dados, ou os valores anuais em falta resultem da falta de mais do que 3 meses, deve ter-se em conta as directivas de Santos (1986), em primeiro lugar, calcula-se uma estação tipo com base na média ponderada das estações completas que melhor se relacionam. Posteriormente, faz-se

uma regressão linear com a estação tipo e a estação incompleta, e desta regressão, obtêm-se os valores em falta. No entanto este método tem algumas condições de aplicação. Exige a ausência de estruturas de dependência no tempo para os valores da amostra; exige uma distribuição normal multivariada dos acontecimentos simultâneos; exige uma relação entre as séries completas e a completar que se traduz por uma regressão linear; e exige que os regimes hidrológicos sejam constantes, aos quais se associam as sequências.

Assim, tendo por base o anteriormente dito, as séries de precipitação foram submetidas ao cálculo automático de correlação entre as várias estações, permitindo assim optar pelas melhores estações. Os resultados apresentam-se no quadro 5.2.

No quadro 5.3 são apresentados as estações que apresentam os valores de correlação mais elevados e que servirão para completar cada uma das estações que apresentam falhas.

Quadro 5.3 - Estações com falhas e respectivas estações consideradas para as completar

Estação	N.º de Registos	N.º de falhas	Estações consideradas para completar e respectivo valor de correlação
Barragem do Caia	31	9	Fronteira - 0,897 Juromenha - 0,902 Santa Eulália - 0,920**
Castelo de Vide	39	1	C. Bruceira - 0,925 Nisa - 0,915 Vale do Peso - 0,949*
Central da Bruceira	26	14	Monforte - 0,933 Nisa - 0,929 Vale do Peso - 0,932**
Comenda	39	1	Fronteira - 0,897 Póvoa e Meadas - 0,910 Vale do Peso - 0,909**
Fronteira	39	1	Arronches - 0,913 Vale do Peso - 0,913 Vila Viçosa - 0,829*
Monforte	39	1	Arronches - 0,951 Fronteira - 0,910 Santo Aleixo (Sorraia) - 0,941*

* Estações escolhidas em função do nível de correlação e do afastamento equivalente relativamente à estação a corrigir

** Estações escolhidas em função do melhor nível de correlação

No Anexo 2, são apresentados os gráficos das regressões lineares utilizados para completar as estações de Barragem do Caia, de Central da Bruceira e de Comenda. As restantes estações foram completadas com recurso à média ponderada, apresentando-se no quadro 5.4, os valores completos de precipitação para as estações e período de tempo considerados.

Quadro 5.4 - Registos completos de precipitação

PERIODO	ALTER DO CHÃO	ARRONCHES	BARRAGEM DO CAIA	CABEÇO DE VIDE	CASTELO DE VIDE	CENTRAL DA BRUCEIRA	COMENDA	FRONTEIRA
1955/56	640,2	962,8	762,3	1027,4	1232,0	1156,4	857,8	949,8
1956/57	345,0	597,6	434,9	533,9	576,8	551,3	645,4	494,0
1957/58	188,3	565,5	433,6	512,0	568,2	571,4	648,8	517,5
1958/59	456,4	750,2	596,5	780,0	910,6	828,4	935,0	705,4
1959/60	536,6	748,9	669,3	970,6	1290,8	1199,7	1214,4	808,4
1960/61	549,8	619,6	583,5	806,9	893,7	881,2	903,5	605,0
1961/62	716,3	722,2	637,2	782,4	854,9	949,0	875,8	627,4
1962/63	880,9	904,6	719,5	949,2	1089,0	1143,3	1403,8	841,2
1963/64	890,9	964,3	645,5	1037,3	1075,5	1150,7	1039,7	675,8
1964/65	518,5	537,1	340,0	368,9	526,1	560,9	514,8	418,6
1965/66	973,8	933,3	649,0	853,4	1214,4	1198,6	1068,0	869,1
1966/67	791,8	676,9	512,7	638,6	819,9	815,9	647,9	710,9
1967/68	477,5	494,1	437,1	455,1	712,6	629,2	661,2	489,6
1968/69	844,6	858,9	648,6	791,3	1086,3	1006,1	1029,9	753,7
1969/70	865,3	776,2	679,9	736,2	997,5	836,2	882,3	687,7
1970/71	570,5	583,3	426,7	613,3	750,2	751,9	757,6	351,2
1971/72	436,8	400,1	360,9	427,6	623,3	657,9	702,4	428,6
1972/73	629,1	486,5	441,7	589,3	649,3	611,0	795,4	450,0
1973/74	526,9	406,6	345,4	497,1	644,2	591,4	782,6	429,7
1974/75	551,4	436,8	372,0	568,5	588,8	578,4	649,4	487,1
1975/76	505,1	412,9	486,6	450,7	557,1	413,0	650,2	503,8
1976/77	843,5	659,4	582,2	732,1	1022,0	830,5	918,9	662,4
1977/78	932,9	752,1	619,0	915,0	1095,4	923,1	1072,4	757,5
1978/79	907,6	822,1	632,9	883,0	1307,8	1090,9	1100,3	766,5
1979/80	623,1	549,3	443,5	628,9	770,4	492,6	686,1	491,2
1980/81	426,9	332,5	310,4	403,1	458,0	155,5	449,9	310,3
1981/82	652,5	469,3	390,7	623,1	712,5	644,5	731,0	535,8
1982/83	438,7	315,6	296,7	318,4	562,3	383,7	463,7	258,8
1983/84	832,6	703,5	688,1	817,9	1029,3	967,7	906,3	693,9
1984/85	933,2	678,5	596,0	706,5	1128,9	974,2	1000,2	672,3
1985/86	519,9	508,7	441,6	508,9	729,2	750,6	797,9	432,7
1986/87	529,8	532,3	481,5	474,2	695,2	657,4	737,7	440,7
1987/88	842,2	684,9	562,3	618,9	1030,8	994,7	1018,8	696,4
1988/89	514,1	402,7	435,3	416,1	588,9	573,3	659,6	380,1
1989/90	779,6	633,5	766,8	761,7	868,2	930,6	943,1	699,0
1990/91	611,8	545,6	488,1	529,3	758,9	728,4	762,0	542,0
1991/92	375,2	411,4	401,5	378,8	454,8	418,3	556,9	409,2
1992/93	490,7	484,4	349,2	473,1	671,5	539,3	693,4	428,8
1993/94	707,5	599,7	411,9	682,6	1088,8	907,2	901,2	512,7
1994/95	440,1	328,4	292,2	481,3	687,5	457,7	607,6	283,7

Quadro 5.4 - Registos completos de precipitação (cont.)

PERIODO	JUROMENHA	MONFORTE	NISA	PÓVOA E MEADAS	SANTA EULÁLIA	SANTO ALEIXO (SORRAIA)	VALE DO PESO	VILA VIÇOSA
1955/56	929,3	829,0	1059,1	1100,0	640,1	945,1	1071,2	1253,8
1956/57	465,9	524,9	462,2	485,0	413,4	457,4	612,6	927,6
1957/58	529,6	431,7	375,0	609,2	230,6	406,9	691,2	1052,1
1958/59	753,0	664,5	599,6	904,0	338,9	636,9	1001,6	954,1
1959/60	845,6	780,3	907,2	1006,5	412,8	787,5	1073,7	948,2
1960/61	684,3	619,2	827,3	827,2	627,0	625,9	890,4	941,4
1961/62	734,0	617,4	790,6	788,5	743,7	685,7	776,2	1054,8
1962/63	819,2	880,9	980,0	966,2	750,7	905,4	1048,8	814,8
1963/64	787,0	822,7	1007,5	971,0	672,5	823,9	1081,8	987,2
1964/65	421,2	469,5	503,1	452,6	353,2	473,5	505,3	434,9
1965/66	789,5	854,5	979,0	926,6	783,8	843,7	1110,7	1165,0
1966/67	339,2	523,8	601,1	654,4	435,5	641,9	811,6	615,8
1967/68	565,2	463,6	546,9	588,9	429,3	529,9	636,9	596,8
1968/69	726,5	832,6	910,4	857,5	751,8	966,4	1008,3	1463,8
1969/70	730,5	697,7	791,6	851,2	718,2	721,4	907,5	727,9
1970/71	502,4	555,2	625,8	642,4	583,2	581,1	687,7	601,3
1971/72	366,4	423,9	552,2	675,6	453,1	527,6	644,3	620,2
1972/73	499,4	503,2	547,5	605,9	476,7	578,3	581,1	652,8
1973/74	374,2	401,1	476,7	522,5	333,0	413,3	635,8	574,7
1974/75	353,1	451,2	574,7	545,8	315,1	380,1	590,0	536,2
1975/76	465,2	459,5	440,4	507,7	454,5	548,0	480,5	590,9
1976/77	566,4	669,8	827,7	777,0	719,1	690,3	932,1	861,3
1977/78	690,5	699,4	884,3	967,2	680,2	793,3	968,4	950,7
1978/79	683,6	753,3	1007,1	1081,4	667,5	776,5	1191,4	1006,8
1979/80	508,9	492,4	626,4	632,2	428,9	522,4	704,3	685,3
1980/81	367,3	315,8	348,1	440,5	277,6	357,3	415,2	437,4
1981/82	367,7	373,3	648,6	619,5	443,7	507,3	693,5	620,4
1982/83	294,3	324,2	461,5	487,0	324,5	309,7	412,0	401,2
1983/84	590,3	689,4	830,4	781,3	671,9	634,4	988,9	804,2
1984/85	643,0	619,8	832,7	907,5	634,7	658,3	1025,1	874,5
1985/86	443,3	531,8	732,4	659,7	422,1	406,3	754,9	597,9
1986/87	407,5	439,3	636,9	660,2	414,5	393,7	708,6	583,1
1987/88	577,1	543,3	922,0	940,2	564,0	538,4	1009,9	814,6
1988/89	486,9	429,6	635,9	516,8	456,4	400,1	551,6	586,4
1989/90	906,3	639,0	893,9	857,2	697,3	638,0	891,3	905,7
1990/91	490,4	591,4	709,2	574,7	532,4	509,2	699,6	689,1
1991/92	324,0	319,3	455,5	529,3	363,6	337,9	488,3	492,2
1992/93	321,0	440,4	518,1	475,1	348,2	359,4	596,8	549,5
1993/94	298,1	529,3	766,1	678,3	445,3	455,1	845,6	715,4
1994/95	239,6	286,6	518,3	409,5	236,6	278,2	508,4	370,0

5.2.2 Verificação da consistência das séries de precipitação

Uma série de precipitação diz-se consistente, se ao longo do respectivo período de observação não existir alteração do erro sistemático da sua medição. Como exemplos de causas de perdas de consistência podem citar-se, entre outros, a mudança de local da estação, a criação de obstáculos junto do local de medição e/ou a alteração do equipamento de medição.

A verificação da consistência nas séries de precipitação pode ser feita através do método da dupla acumulação, no qual são relacionados graficamente os totais anuais acumulados de um determinado posto com a média acumulada dos totais anuais dos postos que melhor se relacionam. Se o resultado dos gráficos se traduzir por uma recta, verifica-se a consistência da série. Caso se verifique a existência de erro, segundo o manual da Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamento Hidráulicos (1984), para corrigir as séries utilizam-se os seguintes critérios:

- Considerar correctos, no caso de erros sistemáticos, os valores mais recentes, uma vez que a qualquer instante, pode verificar-se o estado de operação e conservação do posto, e uma vez que é com base na inclinação da recta que lhes corresponde que vão ser corrigidos os valores mais antigos;

- Quando detectados erros sistemáticos, considera-se que os erros são da série a testar e não da estação tipo, uma vez que esta última é homogénea e consistente;
- Não se corrigir segmentos de recta com menos de 5 pontos, por serem consideradas mudanças devidas ao acaso.

No quadro seguinte são apresentadas as estações de precipitação a verificar e quais as respectivas estações utilizadas para se calcularem as estações tipo.

Quadro 5.5 - Estações que servem como base para o cálculo da Estação Tipo

Estação	Estações base para a Estação Tipo	Média das Correlações
Alter do Chão	Castelo de Vide, Nisa, Santa Eulália	0.810
Arronches	C. da Bruceira, Fronteira, Monforte	0.928
B. do Caia	Cabeço de Vide, Juromenha, Monforte	0.905
Cabeço de Vide	C. da Bruceira, Monforte, Vale do Peso	0.906
Castelo de Vide	Nisa, Póvoa e Meadas, Vale do Peso	0.928
C. da Bruceira	Arronches, Monforte, Vale do Peso	0.926
Comenda	Cast. Vide, C. da Bruceira, Vale do Peso	0.883
Fronteira	Arronches, P. e Meadas, Vale do Peso	0.906
Juromenha	B. do Caia, Monforte, Póvoa e Meadas	0.887
Monforte	Arronches, C. da Bruceira, S. Aleixo	0.940
Nisa	Cast.Vide, C. da Bruceira, Vale do Peso	0.910
Póvoa e Meadas	Cast.Vide, C. da Bruceira, Vale do Peso	0.924
Santa Eulália	Alter do Chão, Nisa, S. Aleixo	0.834
S. Aleixo (Sorraia)	Arronches, Fronteira, Monforte	0.915
Vale do Peso	Cast. Vide, C. da Bruceira, P. e Meadas	0.943
Vila Viçosa	Arronches, Fronteira, Monforte	0.814

No entanto, além das correlações entre as séries de precipitação teve-se em atenção os critérios de semelhança entre as precipitações médias

anuais, de equidistâncias orográficas entre as estações não superior a 300 metros e de equidistâncias geográficas não superiores a 50 km (Heras, 1976).

No Anexo 3, apresentam-se as regressões lineares do acumulado de todas as estações de precipitação com o acumulado das respectivas estações tipo.

Após se testarem as séries de precipitação pelo método da dupla acumulação, verificou-se a existência de erros em algumas das estações consideradas. A título de exemplo, tem-se as estações de Alter do Chão e de Vale de Montalvão. Contudo, tendo em conta os critérios acima referidos, não se farão quaisquer correcções. Na generalidade, apenas os últimos pontos, referentes aos anos mais antigos, é que se afastam da recta, não sendo por isso necessário corrigi-los.

5.3. CÁLCULO DA PRECIPITAÇÃO ANUAL PONDERADA

Os valores de precipitação registados nas estações udométricas são apenas representativos de uma pequena área em redor das estações de registo. No entanto, é possível, a partir deles, calcular a precipitação na bacia, utilizando os dois métodos recomendados por Lencastre e Franco (1992):

1. Método dos Polígonos de Thiessen;
2. Método das Isoietas.

5.3.1. Método dos polígonos de Thiessen

Este método resulta da construção de um polígono em redor de cada estação e qualquer ponto no interior do polígono está mais perto desse posto do que qualquer outro. Assim, para cada posto de registo cria-se uma área de influência (Lencastre e Franco, 1992). As áreas obtidas neste método foram calculadas através de um software Arcgis, da Esri Portugal.

A precipitação ponderada segundo Lencastre e Franco (1992), é dada pela seguinte expressão:

$$P_p = \frac{\sum_{i=1}^j (P_i * A_{inf})}{A_t} \quad (4.1)$$

Em que o

P_p - É a precipitação ponderada,

P_i - É a precipitação caída na estação,

A_{inf} - É a área de influência da estação,

A_t - É a área total,

j - É o numero de estações.

Através dos valores de precipitação, pode visualizar-se a influência dos relevos da Serra de São Mamede, orientados WNW-ESE, por intermédio das estações de Castelo de Vide, Póvoa e Meadas e Arronches, as quais tem

precipitações médias superiores a 600 mm. Os quadros seguintes sintetizam o cálculo da precipitação média para cada uma das bacias e em anexo encontram-se as representações gráficas (Anexo 8 - Peça desenhada Figura 14).

Quadro 5.6 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia da Apartadura

Polígono	P_i (mm)	A_{inf} (km ²)	P_p (mm)
Castelo de Vide	832.99	8.48052825	832.99
	Total	8.48052825	832.99

Quadro 5.7 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia da Póvoa

Polígono	P_i (mm)	A_{inf} (km ²)	P_p (mm)
Castelo de Vide	832.99	128,300486330	711,24
Póvoa e Meadas	712.08	21,961647180	104,07
	Total	150,262133510	815,32

Quadro 5.8 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia da Caia

Polígono	P_i (mm)	A_{inf} (km ²)	P_p (mm)
Castelo de Vide	832.99	27,9501635002	40,37
Arronches	606.31	277,0276190386	291,25
Barragem do Caia	529.61	70,8303935106	65,05
Santa Eulália	506.14	177,2821500156	155,59
Santo Aleixo	576.14	8,1456334693	8,14
Monforte	712.08	15,4647100457	19,10
	Total	576,700669580	579,49

5.3.2. Método das Isoietas

Este método apresenta uma distribuição espacial através das isolinhas de igual precipitação, as denominadas isoietas. Entre duas isoietas adjacentes,

encontra-se a área de influência da precipitação. A criação das isoietas e a respectiva área, foram determinadas recorrendo ao software Surfer Mapping System da Golden Software Inc.

A precipitação que afecta a área entre as isoietas adjacentes é a média das duas isoietas. A precipitação ponderada neste método, segundo Lencastre e Franco (1992), é dada por uma expressão equivalente à anterior:

$$P_p = \frac{\sum_{i=1}^j (\bar{P}_i * A_{ia})}{A_t} \quad (4.2)$$

Em que o

P_p - é a precipitação ponderada (mm),

\bar{P}_i - é a precipitação média entre as isoietas adjacentes (mm),

A_{ia} - é a área entre as isoietas adjacentes (hm²),

A_t - é a área total (hm²),

j - é o numero de isoietas.

Em seguida apresenta-se o cálculo da precipitação, encontrando-se em anexo as representações gráficas (Anexo 8 - Peça desenhada Figura 15). Através da observação, realça-se novamente a influência dos relevos da Serra de São Mamede, tal como no método anterior. Realça-se também a rápida subida da precipitação numa área relativamente pequena, dos 500 mm, na zona da Elvas, para os 800 mm, na zona de Castelo de Vide.

Os quadros seguintes, sintetizam o cálculo da precipitação ponderada média para cada uma das bacias em estudo.

Quadro 5.9 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia da Apartadura

Isoietas Adjacentes	\bar{P}_i (mm)	A_{ia} (km ²)	P_p (mm)
780-760	770	2.90863284	264.09
760-740	750	5.57189541	492.77
Total		8.48052825	756.86

Quadro 5.10 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia da Póvoa

Isoietas Adjacentes	\bar{P}_i (mm)	A_{ia} (km ²)	P_p (mm)
840-820	830	2.35978029	13.03
820-800	810	32.79778430	176.80
800-780	790	60.51761301	318.17
780-760	770	34.06623949	174.57
760-740	750	18.17539083	90.72
740-720	730	2.34532559	11.39
Total		150.26213351	784,68

Quadro 5.11 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia da Caia.

Isoietas Adjacentes	\bar{P}_i (mm)	A_{ia} (km ²)	P_p (mm)
760-740	750	3.40976848	4.43
740-720	730	15.38435376	19.47
720-700	710	20.59549187	25.36
700-680	690	30.91777234	36.99
680-660	670	37.96153900	44.10
660-640	650	41.21214049	46.45
640-620	630	40.47935064	44.22
620-600	610	37.67129238	39.85
600-580	590	29.54473609	30.23
580-560	570	37.89735497	37.46
560-540	550	107.82456675	102.83
540-520	530	124.48630433	114.41
520-500	510	49.31599848	43.61
Total		576,00669580	589.41

5.3.3 Análise dos resultados

No quadro 5.12, apresenta-se a comparação dos valores obtidos pelos dois métodos e pode dizer-se que o método de Thiessen para a mesma área, de uma maneira geral, tem um valor mais elevado, comparativamente com os valores obtidos pelo método das Isoietas.

Quadro 5.12 - Comparação entre os métodos de cálculo da precipitação ponderada.

Bacia	Precipitação Ponderada (mm)		Variação
	Thiessen	Isoietas	
Apartadura	832.99	756.86	≈ 10%
Póvoa	815,32	784,68	≈ 4%
Caia	579,49	589.41	≈ 2%

No entanto, pode constatar-se que o método de Thiessen, em zonas planas, como é o caso da maior parte da área da bacia do Caia, dá resultados muito semelhantes aos valores determinados com o método das isoietas. Contudo, uma vez que os valores de precipitação ponderada obtidos pelo método das isoietas são mais precisos e também mais desfavoráveis (inferiores), para avaliar a disponibilidades hídricas, foram estes que foram tidos em consideração, pelo que em seguida são apresentados os valores da precipitação ponderada para cada um dos anos em estudo e para cada uma das bacias.

Quadro 5.13 - Precipitação ponderada para as bacias em estudo.

PRECIPITAÇÃO PONDERADA (mm)			
PERIODO	APARTADURA	PÓVOA	CAIA
1955/56	1146,75	1161,79	895,87
1956/57	570,00	561,56	520,06
1957/58	570,00	581,27	450,34
1958/59	871,67	900,90	645,35
1959/60	1118,67	1163,38	729,17
1960/61	813,70	862,42	661,32
1961/62	806,74	823,98	734,43
1962/63	1019,04	1043,54	877,96
1963/64	1050,10	1060,34	869,19
1964/65	510,00	508,02	451,68
1965/66	1100,12	1127,68	869,21
1966/67	773,11	782,45	595,52
1967/68	629,60	655,63	488,11
1968/69	984,52	1013,94	819,34
1969/70	921,29	938,51	762,00
1970/71	693,01	711,30	577,64
1971/72	539,61	608,33	432,93
1972/73	592,58	615,92	499,32
1973/74	563,71	601,49	403,59
1974/75	548,41	575,01	413,66
1975/76	500,43	517,03	453,05
1976/77	898,14	940,04	699,78
1977/78	983,01	1025,48	749,74
1978/79	1148,39	1210,94	800,64
1979/80	702,73	719,94	524,86
1980/81	702,73	719,94	524,86
1981/82	633,84	675,35	476,25
1982/83	478,14	502,99	336,50
1983/84	934,43	962,10	725,80
1984/85	979,39	1034,94	694,51
1985/86	656,85	704,22	498,76
1986/87	639,90	673,72	498,87
1987/88	906,43	973,99	651,05
1988/89	519,07	554,89	438,12
1989/90	797,84	851,18	694,25
1990/91	677,23	701,66	553,53
1991/92	430,00	458,50	389,41
1992/93	601,51	610,56	441,00
1993/94	922,83	947,02	572,53
1994/95	574,71	589,81	335,78

6. CARACTERIZAÇÃO DO ESCOAMENTO

A caracterização do escoamento é traduzida por uma avaliação directa dos registos existentes de escoamento. No entanto, como não existem estes registos, para nenhuma das bacias em estudo, recorreu-se aos dados existentes numa bacia vizinha.

Nesta bacia é possível estabelecer a equação de regressão entre o escoamento e a precipitação, equação esta que pode ser utilizada na determinação da estimava do escoamento nas bacias em estudo, a partir das respectivas precipitações ponderadas. Assim, em primeiro lugar, procedeu-se à caracterização fisiográfica desta bacia vizinha. Posteriormente e, admitindo que esta bacia apresenta características fisiográficas semelhantes as bacias em estudo procedeu-se ao cálculo da precipitação ponderada. Finalmente, estabeleceu-se a equação de regressão escoamento/precipitação que poderá ser utilizada para calcular o escoamento nas bacias em estudo.

A escolha da bacia vizinha recaiu sobre a bacia de ribeira de Seda, na secção da estação hidrométrica de Couto de Andreiros. Esta bacia pertence à bacia hidrográfica do Tejo e localiza-se no concelho do Crato.

No quadro que se segue, apresentam-se as características desta estação hidrométrica.

Quadro 6.1 - Características da estação hidrométrica considerada

Estação	Tipo	Concelho	Bacia Hidrográfica	Data de entrada em funcionamento
Couto de Andreiros	Hidrométrica	Crato	Tejo	01-10-1960

No Anexo 4 apresentam-se os valores de escoamento anual registados nesta estação retirados do SNIRH.

6.1. ANÁLISE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE SEDA EM COUTO DE ANDREIROS

6.1.1. Caracterização Fisiográfica

No quadro seguinte são apresentados os diversos parâmetros que caracterizam fisiograficamente a bacia delimitada pela estação de Couto de Andreiros. Pode dizer-se que é uma bacia alongada, com baixa tendência de ocorrência de cheias, com uma densidade de drenagem considerada ligeiramente superior à média e que a sua principal linha de água, comparativamente a dimensão da bacia, é relativamente longa.

Em relação ao relevo da bacia, esta apresenta uma altura média, na ordem dos 150 metros e levemente ondulados, sendo que o declive da principal linha de água, pode ser considerado como plano.

Quadro 6.2 - Caracterização fisiográfica da bacia da Ribera de Seda até à estação de Couto de Andreiros

ALBUFEIRA	COUTO DE ANDREIROS
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
Área (km ²)	244,1
Perímetro (km)	75,4
Forma da bacia:	
• Coef. Compacidade	1,351
• Factor de Forma	0,645
CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM	
Comprimento da linha de água principal (m)	19445,6
Comprimento total das linhas de água (m)	1695959,5
Densidade da rede de drenagem	6,95
CARACTERÍSTICAS DO RELEVO	
Altitude máxima (m)	741,0
Altitude mínima (m)	205,0
Altitude da nascente (m)	388,0
Altitude média (m)	347,7
Altura média (m)	142,7
Declive médio da bacia	3,09%
Declive médio da linha de água principal	0,94%

A caracterização da bacia hidrográfica delimitada pela estação de Couto de Andreiros é em tudo semelhante as caracterizações das 3 bacias em estudo, o que se traduz numa boa opção de fiabilidade e consistência dos dados.

6.1.2. Precipitação ponderada

Para o cálculo da precipitação ponderada na bacia da ribeira de Seda em Couto de Andreiros, foram utilizados os seguintes postos:

Quadro 6.3 - Características das estações udométricas consideradas.

Estação	Tipo	Altitude (m)	Concelho	Bacia Hidrográfica	Data de entrada e funcionamento
Alter do Chão	Udométrica	244	Alter do Chão	Tejo	01-08-1911
Arronches	Udométrica	257	Arronches	Guadiana	01-09-1931
Cabeço de Vide	Udométrica	271	Fronteira	Tejo	01-11-1931
Castelo de Vide	Udométrica	552	Castelo de Vide	Tejo	01-11-1931
Monforte	Udométrica	259	Monforte	Tejo	01-01-1911
Vale do Peso	Udométrica	285	Crato	Tejo	07-11-1931

Tal como para as bacias em estudo, foi calculada a precipitação média ponderada, que se apresenta nos quadros seguintes.

Quadro 6.4 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método de Thiessen na bacia de Couto Andreiros.

Polígono	P_i (mm)	A_i (km ²)	P (mm)
Alter do Chão	632,44	19.08256773	49.46
Cabeço de Vide	643,57	90.56241240	238.76
Monforte	562,18	9.44856832	21.76
Arronches	606,31	28.92046746	71.85
Castelo de Vide	832,99	61.314420,49	209.25
Vale do Peso	780,83	34,74607997	111.19
Total		244,0745164	702.27

Quadro 6.5 - Síntese do cálculo da precipitação ponderada média pelo Método das Isoietas na bacia de Couto Andreiros.

Isoietas Adjacentes	P_i (mm)	A_i (km ²)	P (mm)
780-760	770	4,08829110	12.90
760-740	750	25.80089448	79.28
740-720	730	45.74189541	136.81
720-700	710	50.59771393	147.19
700-680	690	46.36508993	131.07
680-660	670	40.00516497	109.82
660-640	650	28.07721503	74.77
640-620	630	3.39825152	8.77
Total		244,0745164	700.61

Tal como anteriormente, os valores de precipitação ponderada calculados pelo método da isoietas, são mais desfavoráveis (inferiores) e para avaliação a disponibilidades hídricas, foram estes que foram tidos em consideração.

6.1.3 Regressão Estatística Escoamento/Precipitação em Couto de Andreiros

A regressão estatística, corresponde à verificação da linearidade entre duas componentes, do ciclo hidrológico. Nomeadamente, a componente do escoamento superficial obtido através das observações da estação hidrométrica de Couto de Andreiros e a componente da precipitação ponderada na bacia drenante dessa mesma estação. Esta regressão é dado por:

$$R = a + b.P \quad (5.1)$$

Em que:

R - é o valor de escoamento anual (mm)

P - é o valor de precipitação anual (mm)

a, b - são os parâmetros da regressão linear, estimados, por exemplo, através do método dos mínimos quadrados.

No quadro 6.6, são apresentados os valores da precipitação ponderada para cada um dos anos em estudo e o correspondente registo anual de escoamento na bacia delimitada pela estação de Couto de Andreiros. Na Figura 6.1, apresenta-se a regressão estatística escoamento/precipitação.

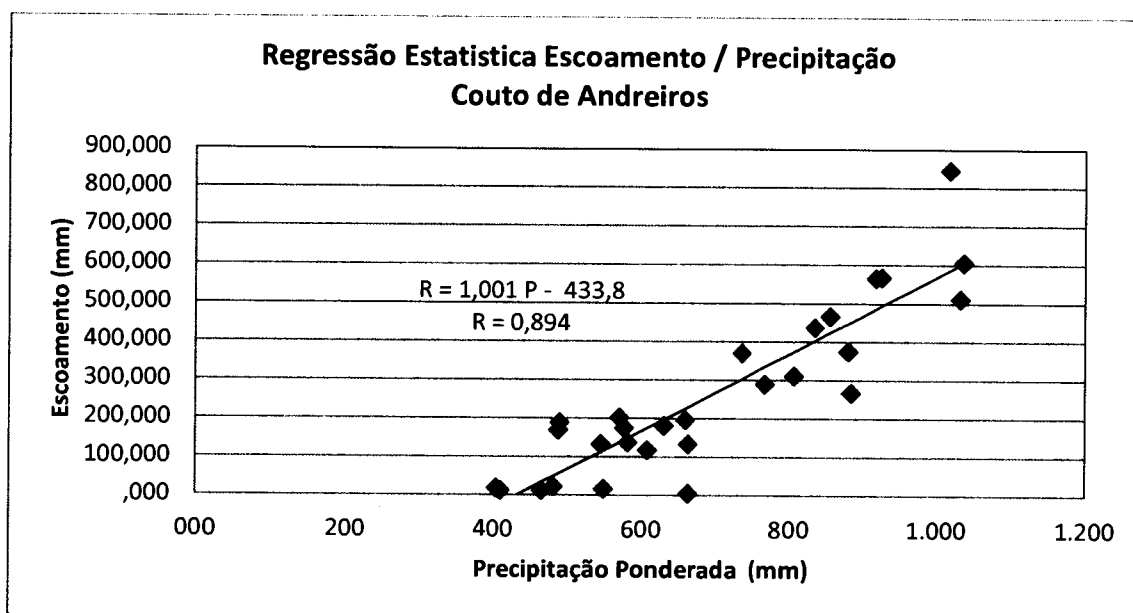


Figura 6.1 - Regressão estatística entre a Precipitação ponderada e o escoamento na bacia de Couto de Andreiros.

No seguimento da análise do gráfico anterior, pode constatar-se que o coeficiente de correlação dos dados é elevado ($R = 0,894$), o que traduz um bom ajuste da recta aos dados e o bom relacionamento, entre o escoamento na secção de referência da bacia e a precipitação ponderada calculada para a mesma bacia.

Quadro 6.6 - Registos de precipitação ponderada e escoamento na bacia delimitada pela estação de Couto de Andreiros.

COUTO DE ANDREIROS			
PERIODO	PRECIPITAÇÃO PONDERADA (mm)	ESCOAMENTO (dam ³)	ESCOAMENTO (mm)
1955/56	1020,22		
1956/57	549,36		
1957/58	517,74		
1958/59	806,13		
1959/60	984,44		
1960/61	764,06		
1961/62	762,97		
1962/63	969,65		
1963/64	1036,18	147991	606,33
1964/65	489,28	41787	171,20
1965/66	1017,49	206364	845,49
1966/67	735,22	90711	371,65
1967/68	570,28	49749	203,82
1968/69	917,22	138228	566,33
1969/70	855,87	113986	467,01
1970/71	658,19	48211	197,52
1971/72	490,90	46480	190,43
1972/73	576,67	43122	176,67
1973/74	530,80		
1974/75	545,63	32930	134,92
1975/76	466,51	3349	13,72
1976/77	834,81	106996	438,37
1977/78	925,53	138836	568,82
1978/79	1031,70	125088	512,49
1979/80	662,02	32800	134,38
1980/81	662,03	1552	6,36
1981/82	607,97	29018	118,89
1982/83	410,36	3379	13,84
1983/84	883,57	65440	268,11
1984/85	879,59	91574	375,18
1985/86	609,40		
1986/87	581,66	33872	138,78
1987/88	806,03	76241	312,36
1988/89	482,71	5644	23,12
1989/90	767,74	70851	290,28
1990/91	629,52	44608	182,76
1991/92	404,33	4706	19,28
1992/93	549,25	4312	17,67
1993/94	802,94		
1994/95	501,90		

Assim, os parâmetros da regressão linear, são:

Quadro 6.7 - Parâmetros da regressão estatística precipitação/ escoamento da bacia de Couto de Andreiros Couto de Andreiros.

a	b
-433.80	1.001

Deste modo, a equação que será utilizada para o cálculo do escoamento anual nas 3 bacias em estudo será:

$$R = -433.80 + 1,001 \times P$$

6.2. ESTIMAÇÃO DO ESCOAMENTO NAS BACIAS EM ESTUDO

Nos quadros seguintes, são apresentados os valores do escoamento determinados, para as bacias da Apartadura, da Póvoa e do Caia, aplicando a equação da regressão linear determinada anteriormente.

Quadro 6.8 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Apartadura

APARTADURA			
PERIODO	PRECIPITAÇÃO PONDERADA (mm)	ESCOAMENTO	
		(mm)	(hm ³)
1955/56	1146,75	714,10	6,06
1956/57	570,00	136,77	1,16
1957/58	570,00	136,77	1,16
1958/59	871,67	438,74	3,72
1959/60	1118,67	685,99	5,82
1960/61	813,70	380,71	3,23
1961/62	806,74	373,75	3,17
1962/63	1019,04	586,26	4,97
1963/64	1050,10	617,35	5,24
1964/65	510,00	76,71	0,65
1965/66	1100,12	667,42	5,66
1966/67	773,11	340,08	2,88
1967/68	629,60	196,43	1,67
1968/69	984,52	551,70	4,68
1969/70	921,29	488,41	4,14
1970/71	693,01	259,90	2,20
1971/72	539,61	106,35	0,90
1972/73	592,58	159,37	1,35
1973/74	563,71	130,47	1,11
1974/75	548,41	115,15	0,98
1975/76	500,43	67,13	0,57
1976/77	898,14	465,24	3,95
1977/78	983,01	550,20	4,67
1978/79	1148,39	715,74	6,07
1979/80	702,73	269,64	2,29
1980/81	702,73	269,64	2,29
1981/82	633,84	200,67	1,70
1982/83	478,14	44,82	0,38
1983/84	934,43	501,56	4,25
1984/85	979,39	546,57	4,64
1985/86	656,85	223,71	1,90
1986/87	639,90	206,74	1,75
1987/88	906,43	473,53	4,02
1988/89	519,07	85,79	0,73
1989/90	797,84	364,84	3,09
1990/91	677,23	244,11	2,07
1991/92	430,00	0,00	0,00
1992/93	601,51	168,31	1,43
1993/94	922,83	489,96	4,16
1994/95	574,71	141,49	1,20

Quadro 6.9 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Póvoa

PÓVOA			
PERIODO	PRECIPITAÇÃO PONDERADA (mm)	ESCOAMENTO	
		(mm)	(hm ³)
1955/56	1161,79	729,15	109,56
1956/57	561,56	128,32	19,28
1957/58	581,27	148,05	22,25
1958/59	900,90	468,00	70,32
1959/60	1163,38	730,75	109,80
1960/61	862,42	429,48	64,54
1961/62	823,98	391,01	58,75
1962/63	1043,54	610,78	91,78
1963/64	1060,34	627,60	94,30
1964/65	508,02	74,73	11,23
1965/66	1127,68	695,01	104,43
1966/67	782,45	349,43	52,51
1967/68	655,63	222,48	33,43
1968/69	1013,94	581,15	87,33
1969/70	938,51	505,65	75,98
1970/71	711,30	278,21	41,81
1971/72	608,33	175,13	26,32
1972/73	615,92	182,73	27,46
1973/74	601,49	168,29	25,29
1974/75	575,01	141,78	21,31
1975/76	517,03	83,74	12,58
1976/77	940,04	507,18	76,21
1977/78	1025,48	592,70	89,06
1978/79	1210,94	778,35	116,96
1979/80	719,94	286,86	43,10
1980/81	719,94	286,86	43,10
1981/82	675,35	242,22	36,40
1982/83	502,99	69,70	10,47
1983/84	962,10	529,26	79,53
1984/85	1034,94	602,18	90,49
1985/86	704,22	271,12	40,74
1986/87	673,72	240,60	36,15
1987/88	973,99	541,16	81,32
1988/89	554,89	121,64	18,28
1989/90	851,18	418,23	62,84
1990/91	701,66	268,56	40,35
1991/92	458,50	25,16	3,78
1992/93	610,56	177,37	26,65
1993/94	947,02	514,16	77,26
1994/95	589,81	156,60	23,53

Quadro 6.10 - Precipitação ponderada e escoamento na bacia de Caia

CAIA			
PERIODO	PRECIPITAÇÃO PONDERADA (mm)	ESCOAMENTO	
		(mm)	(hm ³)
1955/56	895,87	462,97	266,99
1956/57	520,06	86,78	50,05
1957/58	450,34	16,99	9,80
1958/59	645,35	212,20	122,37
1959/60	729,17	296,10	170,76
1960/61	661,32	228,18	131,59
1961/62	734,43	301,36	173,80
1962/63	877,96	445,04	256,66
1963/64	869,19	436,26	251,59
1964/65	451,68	18,33	10,57
1965/66	869,21	436,28	251,60
1966/67	595,52	162,32	93,61
1967/68	488,11	54,80	31,60
1968/69	819,34	386,36	222,81
1969/70	762,00	328,97	189,72
1970/71	577,64	144,41	83,28
1971/72	432,93	0,00	0,00
1972/73	499,32	66,02	38,08
1973/74	403,59	0,00	0,00
1974/75	413,66	0,00	0,00
1975/76	453,05	19,70	11,36
1976/77	699,78	266,68	153,79
1977/78	749,74	316,69	182,64
1978/79	800,64	367,64	212,02
1979/80	524,86	91,59	52,82
1980/81	524,86	91,59	52,82
1981/82	476,25	42,92	24,75
1982/83	336,50	0,00	0,00
1983/84	725,80	292,72	168,81
1984/85	694,51	261,40	150,75
1985/86	498,76	65,45	37,75
1986/87	498,87	65,57	37,82
1987/88	651,05	217,90	125,66
1988/89	438,12	4,76	2,75
1989/90	694,25	261,14	150,60
1990/91	553,53	120,28	69,37
1991/92	389,41	0,00	0,00
1992/93	441,00	7,64	4,41
1993/94	572,53	139,30	80,34
1994/95	335,78	0,00	0,00

Da análise aos quadros anteriores, em termos médios, anualmente, pode concluir-se que:

- Na Bacia hidrográfica da ribeira das Reveladas na secção da barragem da Apartadura, afluem cerca 2,80hm³;
- Na Bacia hidrográfica da Ribeira de Nisa na secção da barragem da Póvoa, afluem cerca 53,90hm³;
- Na Bacia hidrográfica do rio Caia na secção da barragem do Caia afluem cerca 96,83hm³.

7. AVALIAÇÃO DOS ACTUAIS CONSUMOS E SUA EVOLUÇÃO

7.1. CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

As principais fontes de consumo tidas em consideração, além do abastecimento público, que é comum em todas as 3 albufeiras em estudo, foram a rega, presente na albufeira do Caia e da Apartadura e a produção de energia eléctrica, associada a albufeira de Póvoa e Meadas. Assim, torna-se importante, proceder-se à verificação das disponibilidades dos sistemas, para fazerem face às solicitações dos consumos a satisfazer.

7.2. REGA

O consumo para rega, por norma, é o principal "sumidouro" da água existente numa albufeira. No caso concreto da albufeira do Caia e da albufeira da Apartadura, o consumo da rega para o desenvolvimento das actividades do sector primário, tem uma grande expressão, apresentando uma sazonalidade significativa, claramente associada a época estival.

No entanto, importa frisar que, no período de tempo compreendido entre 1969 e 1998, no caso do Caia, segundo informação obtida junto dos responsáveis da Associação de Regantes, tem-se observado uma ligeira tendência decrescente das áreas regadas, o que se tem traduzido numa diminuição deste tipo de consumo. Para efeitos do estudo e de acordo com a informação fornecida pela

Associação de Regantes, foram considerados valores máximos de consumos de 50 hm³ anuais.

No caso da Apartadura, esta tendência decrescente não se tem demonstrado, contudo, segundo informação dos responsáveis da Associação de Regantes deste perímetro de rega, devem adoptar-se valores máximos de consumo de rega de 0,6 hm³ anuais. Em virtude da tendência decrescente do consumo da rega, optou-se por considerar para efeitos de cálculo o valor mais desfavorável, ou seja, o maior valor de consumo de registado no período de tempo considerado. Assim, tem-se:

Quadro 7.1 - Valores de consumo de rega considerados para as albufeiras do Caia e da Apartadura

Caia (hm ³)	Apartadura (hm ³)
50,00	0,60

7.3. PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Os aproveitamentos hidroeléctricos são, dos diversos métodos de produção de energia, os mais económicos com elevada confiabilidade e flexibilidade de operação. A sua vida útil é elevada, e neste caso concreto apresenta cerca de 90 anos.

Este aproveitamento, não apresenta uma grande significância comparativamente com as necessidade de consumo energético a nível nacional,

mas apresenta uma capacidade de produção instalada de 2.1 GWh. Este valor traduz uma turbinagem anual de mais de 3000 horas, ou seja, um consumo de água, aproximadamente de 0,6 hm³.

7.4. ABASTECIMENTO PÚBLICO

Os volumes apontados como necessidades de fornecimento para garantir o abastecimento público, resultam de diversos factores, contudo para efeitos deste estudo teve-se em consideração a evolução populacional, os níveis de atendimento, as capitações e o controle de perdas de água.

O horizonte de projecto é o número de anos durante os quais o sistema, ou as estruturas e equipamentos que o constituem, deve operar em condições de satisfazer as necessidades previstas ao longo desse período. Deste modo, para este estudo foi considerado um horizonte de 30 anos, o que faz com que o ano horizonte de projecto seja o ano 2040.

7.4.1 Evolução Populacional

7.4.1.1 População Residente

As análises demográficas recentes para o Alentejo, em geral, apontam para um decréscimo populacional relativamente significativo, só contrariado em casos pontuais de algumas localidades mais importantes. Tal situação pode ser

demonstrada pela comparação dos dados dos Censos de 1991 e 2001, apresentados em seguida para cada um dos 15 concelhos.

Quadro 7.2 - Comparação dos valores de população residente nos censos de 1991 e nos censos de 2001.

Concelho	População residente (hab.)		
	Censos de 1991	Censos de 2001	Variação
Alter do Chão	4.441	3.938	-13%
Arronches	3.677	3.389	-8%
Avis	5.686	5.197	-9%
Campo Maior	8.535	8.387	-2%
Castelo de Vide	4.145	3.872	-7%
Crato	5.064	4.348	-16%
Elvas	24.474	23.361	-5%
Fronteira	4.122	3.732	-10%
Gavião	5.920	4.887	-21%
Marvão	4.419	4.029	-10%
Monforte	3.759	3.393	-11%
Nisa	9.864	8.585	-15%
Ponte de Sôr	17.802	18.140	2
Portalegre	26.111	25.980	-1%
Sousel	6.140	5.780	-6%
TOTAL	134.159	127.018	-6%

Face à evolução apresentada, considerou-se, por segurança, para a população residente de cada concelho no censos de 2001, um decréscimo da mesma de 1,20%, por ano e até ao ano 2025. Entre 2026 e 2040, considerou-se que a população residente permanecerá constante.

Quadro 7.3 - Evolução da população residente.

Concelho	População residente (hab.)			
	2001	2010	2025	2040
Alter do Chão	3.938	3.752	3.075	3.075
Arronches	3.389	3.074	2.646	2.646
Avis	5.197	4.713	4.064	4.064
Campo Maior	8.387	7.608	6.549	6.549
Castelo de Vide	3.872	3.509	3.044	3.044
Crato	4.348	3.944	3.395	3.395
Elvas	23.361	21.190	18.248	18.248
Fronteira	3.732	3.385	2.914	2.914
Gavião	4.887	4.433	3.816	3.816
Marvão	4.029	3.655	3.146	3.146
Monforte	3.393	3.078	2.649	2.649
Nisa	8.585	7.788	6.703	6.703
Ponte de Sôr	18.140	16.456	14.164	14.164
Portalegre	25.980	23.568	20.286	20.286
Sousel	5.780	5.243	4.513	4.513
TOTAL	127.018	115.217	99.214	99.214

Desta forma, estimou-se que a população residente permanente no ano horizonte de projecto seja de 99.214 habitantes (Anexo 5 - Quadro 6.1 - População Residente).

7.4.1.2 População Flutuante

Este tipo de população corresponde à ocupação das unidades hoteleiras e casas utilizadas como 2ª residência e ocupadas essencialmente aos fins-de-semana ou em períodos de férias, e que para cada um dos concelhos foram tratados independentemente.

Na generalidade dos concelhos, considerou-se a população flutuante constante ao longo do tempo, sendo essencialmente traduzido pelo nível de ocupação das unidades hoteleiras e das casas de 2ª residência. As excepções foram os concelhos de Avis, do Crato, de Fronteira e de Ponte de Sôr, que se traduzem essencialmente por um crescimento situado entre 0,5 e 1,0 % ao ano e em todos os anos do estudo, resultantes de algumas actividades turísticas que tem demonstrado alguma vitalidade, nomeadamente, as estâncias termais e as albufeiras de Montargil e de Maranhão.

Quadro 7.4 - Evolução da população flutuante.

Concelho	População flutuante (hab.)			
	2001	2010	2025	2040
Alter do Chão	256	256	256	256
Arronches	51	51	51	51
Avis	325	340	366	395
Campo Maior	316	316	316	316
Castelo de Vide	400	400	400	400
Crato	410	420	439	462
Elvas	717	717	717	717
Fronteira	191	207	240	278
Gavião	113	113	113	113
Marvão	175	175	175	175
Monforte	50	50	50	50
Nisa	250	250	250	250
Ponte de Sôr	838	893	952	1.017
Portalegre	761	761	761	761
Sousel	54	54	54	54
TOTAL	4.904	5.001	5.140	5.293

Assim, da análise ao quadro 7.4 e para efeitos do estudo considera-se uma população flutuante no ano horizonte do projecto de 5.293 habitantes (Anexo 5 - Quadro 5.2 - População Flutuante).

7.4.2 Níveis de Atendimento

Os níveis de atendimento apresentam valores muito dispares nos 15 concelhos, contudo, na génese da empresa Águas do Norte Alentejano, S.A., e outras semelhantes a esta, encontra-se o PEAASAR 2000-2006, onde se encontra claramente definido como objectivos operacionais:

1. a cobertura de 95% da população servida com água potável no domicílio, e
2. a cobertura de 95% dos efectivos populacionais de cada sistema de abastecimento de água, da correspondente área de atendimento.

Deste modo, estando materializado a cobertura dos 95% dos efectivos populacionais, para efeitos de calculo deste estudo, considerar-se-á uma cobertura de 95% da população calculada anteriormente (Anexo 5 - Quadro 5.4 - Níveis de atendimento).

7.4.3 Capitações e Caudais

A avaliação correcta das necessidades de água, é determinante para a concepção e dimensionamento das infra-estruturas que constituem o sistema de abastecimento.

A capitação corresponde ao consumo diário médio anual por habitante, no entanto, este valor pode sofrer influências de diversos factores, nomeadamente,

o tipo de ocupação residencial, a demografia, o nível socio-económico, a estrutura tarifária, a contabilização de consumos e o clima.

O tipo de ocupação residencial (apartamentos e tipologia destes ou moradias) afecta naturalmente o consumo de água per capita. Em particular a existência de zonas de jardim afectas à habitação que contribuem para o incremento do consumo de água.

A taxa de ocupação da habitação constitui um factor de influência na capitação do consumo de água. Com efeito, famílias de maior dimensão tendem, em geral, a contribuir para valores de capitação mais baixos.

O nível socio-económico da população tem efeito sobre os consumos de água, verificando-se em geral, que a populações de maior capacidade económica e poder de compra, estão associados maiores valores do consumo de água. De acordo com o Documento Técnico da Águas de Portugal - Elementos de base de dimensionamento de Infra-estrutura (Janeiro de 2002), têm demonstrado a relação entre o valor patrimonial da habitação e os consumos, provavelmente associados a maior número e sofisticação de equipamentos de utilização de água no interior da habitação.

A política tarifária das entidades gestoras tem um efeito importante sobre os hábitos de consumo de água. Com efeito, verifica-se que tarifas mais

elevadas ajudam a combater o desperdício e têm um efeito fortemente disciplinador nas suas utilizações.

A ocorrência de contagem domiciliária deficiente ou até nula, leva a desperdícios de água no consumidor, traduzindo-se num aumento de capitação. Assim, também a contabilização de todos os consumos de água, mesmo os não facturados, conduz a uma moderação dos comportamentos dos consumidores.

O clima, nomeadamente a temperatura e a precipitação, tem efeito sobre os valores de consumo de água. O consumo doméstico de água tende a ser mais elevado em zonas mais quentes e secas, devido em parte ao aumento do consumo de água para rega e jardinagem. Contudo, o impacto ao nível das águas residuais é menos pronunciado, já que a parte da água consumida na rega não chega a afluir à rede de águas residuais.

Na definição dos valores das capitações foram, em função das características de ocupação do território, diferenciadas as capitações a aplicar em áreas urbanas, áreas sub-urbanas e áreas rurais.

As áreas urbanas (AU) apresentam uma tipologia de ocupação em que predominam as habitações plurifamiliares concentradas, coexistindo com os espaços de comércio e de serviços, e em que os consumos públicos são mais significativos. Este tipo de área não tem aplicabilidade no distrito de Portalegre,

uma vez que corresponde a freguesias com um nível de população superior a 20.000 habitantes.

As áreas sub-urbanas, podem ser de um dos dois seguintes tipos. As áreas predominantemente urbanas (APU), com habitações plurifamiliares e unifamiliares, com um nível populacional entre os 5.000 e os 20.000 habitantes, e as áreas medianamente urbanas (AMU), com uma ocupação por moradias unifamiliares com jardim, com um nível de população entre os 2.000 e os 5.000 habitantes. O distrito de Portalegre, compreende áreas predominantemente urbanas nos concelhos de Elvas, Ponte de Sôr e Portalegre, mas apenas nas 4 freguesias mais citadinas e compreende áreas medianamente urbanas nas restantes freguesias urbanas (13 freguesias).

As áreas rurais (AR), incluem os tipos de ocupação cujo nível de população seja inferior a 2.000 habitantes, e que não se enquadram nos conceitos anteriores, com um total de 69 freguesias.

De acordo com a classificação anterior, consideraram-se diferentes níveis de capitação, constante para o período em estudo, por um lado em função do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, e por outro, em função do grau de conhecimento de empresas semelhantes a Águas do Norte Alentejano, S.A. (Anexo 5 - Quadro 5.4 - Capitação). Assim, os quadros seguinte apresentam os valores considerados

Quadro 7.5 -Capitação por tipo de área.

TIPO DE AREA	CAPITAÇÃO (L/hab/dia)
Predominantemente Urbana (APU)	170
Medianamente Urbana (AMU)	200
Rurais (AR)	150

Deste modo, por cada um dos 15 concelhos em análise, obtêm-se:

Quadro 7.6 - Capitação ponderada por concelho.

Concelho	CAPITAÇÃO (L/hab/dia)
Alter do Chão	163
Arronches	162
Avis	150
Campo Maior	169
Castelo de Vide	150
Crato	150
Elvas	172
Fronteira	162
Gavião	150
Marvão	150
Monforte	150
Nisa	155
Ponte de Sôr	177
Portalegre	185
Sousel	157
DISTRITO	168

Neste ponto, importa também considerar a componente de consumo industrial, que de acordo com a realidade da região só pontualmente se faz sentir, como se pode verificar no quadro seguinte.

Quadro 7.7 - Componente de consumo industrial.

Concelho	Componente industrial (% do consumo da população)
Alter do Chão	3.0%
Arronches	0.5%
Avis	2.0%
Campo Maior (N. S. da Expectação)	4.0%
Campo Maior (S. João Baptista)	4.0%
Castelo de Vide	5.0%
Crato	5.0%
Elvas	7.5%
Fronteira	0.5%
Gavião	5.0%
Marvão	5.0%
Monforte	0.5%
Nisa (Alpalhão)	5%
Nisa (Espírito Santo)	5%
Nisa (Tolosa)	15%
Ponte de Sôr	15.0%
Portalegre	20.0%
Sousel	5.0%

7.4.4 Perdas de Água

As perdas num sistema de abastecimento podem dividir-se em perdas físicas e perdas comerciais, no entanto, neste ponto serão analisadas de modo conjunto. As perdas físicas correspondem a perdas reais de água, as quais podem provir de fugas ao longo do sistema, mas também de inevitáveis perdas de água, relativas a águas de processo no tratamento, descargas (programadas ou não), lavagens e desinfecções, etc..

As perdas comerciais correspondem a perdas aparentes de água, que podem resultar de sub-contagem nos consumidores ou de ligações clandestinas.

A necessidade crescente de se ter uma eficiente utilização da água implicará, necessariamente, a redução progressiva das perdas nos sistemas de distribuição. Como tal, tendo em conta dados reais, são apresentadas no quadro 7.8 os valores objectivos de perdas e estimativa de redução em cada um dos 15 concelhos (Anexo 5 - Quadro 5.5 - Perdas na rede em baixa).

Quadro 7.8 - Evolução da percentagem de perdas consideradas.

Concelho	Perdas (%)		
	2010	2025	2040
Alter do Chão	34	22	22
Arronches	34	22	22
Avis	30	19	19
Campo Maior	46	22	22
Castelo de Vide	53	34	34
Crato	36	23	23
Elvas	41	19	19
Fronteira	30	19	19
Gavião	34	21	21
Marvão	37	23	23
Monforte	30	19	19
Nisa	33	25	25
Ponte de Sôr	30	19	19
Portalegre	39	24	24
Sousel	24	20	20
TOTAL	36	22	22

7.5. AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DO SISTEMA

Como já referido anteriormente, o sistema de abastecimento de água do Norte Alentejano, é alimentado por 3 origens de águas superficiais, nomeadamente, Apartadura, Póvoa e Meadas e Caia. Em cada uma delas, a

avaliação das necessidades hídricas do sistema, ou o também denominado caudal potencial do sistema, no ano horizonte do projecto, traduz-se pela seguinte expressão (Anexo 5 - Quadro 5.6 Caudal Potencial na rede em baixa):

$$\begin{aligned}
 \text{Necessidades Hídricas} & \qquad \qquad \qquad (6.1) \\
 & = \left(\left(\frac{Pop_{Residente} \times Capitação \times N.dias_{pop.res.presente}}{1 - Perdas} \right) \right. \\
 & \quad \left. + (Pop_{Flutuante} \times Capitação \times N.dias_{pop.flut.presente}) \right) \\
 & \quad \times Nivel_{Atendimento} \times Comp_{ind.}
 \end{aligned}$$

Em que:

$Pop_{Residente}$ é o número de habitantes residentes;

$Capitação$ é o consumo diário médio anual por habitante;

$N.dias_{pop.res.presente}$ é o número de dias em que a $Pop_{Residente}$ consome água (365 dias/ano);

$Perdas$ é a percentagem de perdas de água no sistema desde a captação, tratamento, transporte, reserva e distribuição;

$Pop_{Flutuante}$ é o número de habitantes flutuantes;

$N.dias_{pop.flut.presente}$ é o número de dias em que a $Pop_{Flutuante}$ consome água (60 dias/ano);

$Nivel_{Atendimento}$ é a percentagem de população considerada atender pelo sistema de abastecimento;

$Comp_{ind}$ é a componente do consumo industrial traduzida em percentagem do consumo da população.

7.5.1 Sistema da Apartadura

O sistema de abastecimento que tem por base a albufeira da Apartadura, compreende os concelho de Portalegre, de Marvão, de Castelo de Vide e parcialmente o concelho de Nisa, através da freguesia de Montalvão. Assim, o calculo das necessidade hídricas/caudal potencial do sistema para o ano horizonte do projecto é apresentado na tabela seguinte:

Quadro 7.9 - Avaliação das necessidades hídricas do sistema da Apartadura.

Concelho	Sistema da Apartadura			
	Castelo de Vide	Marvão	Nisa*	Portalegre
Pop. Residente (hab.)	3.044	3.146	466	20.286
N. Dias Pop. Residente	365 dias			
Pop. Flutuante (hab.)	400	175	50	761
N. Dias Pop. Flutuante	60 dias			
Nível de Atendimento	95%	95%	95%	95%
Capitação (L/hab/dia)	150	150	150	185
Perdas	34%	23%	23%	24%
Comp. Industrial**	5%	5%	0%	20%
Necessidades hídricas/ Caudal Potencial (m³/ano)	250.254	218.751	41.565	1.937.764
Necessidades hídricas/ Caudal Potencial (m³/ano)	2.448.334			

* - Corresponde apenas a freguesia de Montalvão

** - Considerado apenas em algumas freguesias do concelho

7.5.2 Sistema da Póvoa e Meadas

O sistema de abastecimento de Póvoa e Meadas abastece os concelhos de Alter do Chão, de Avis, de Crato, de Fronteira, de Gavião com excepção da freguesia de Belver, de Nisa com excepção da freguesia de Montalvão, de Ponte de Sôr e de Sousel. Deste modo, o cálculo das necessidades hídricas/ caudal potencial do sistema para o ano horizonte do projecto é apresentado na tabela seguinte:

Quadro 7.10 - Avaliação das necessidades hídricas do sistema da Póvoa.

Sistema da Póvoa e Meadas									
Concelho	Alter do Chão	Avis	Crato	Fronteira	Gavião*	Nisa**	Ponte de Sôr	Sousel	
Pop. Residente (hab.)	3.075	4.064	3.395	2.914	3.987	7.988	14.164	4.513	
N. Dias Pop. Residente	365 dias								
Pop. Flutuante (hab.)	256	395	462	278	0	200	1.017	54	
N. Dias Pop. Flutuante	60 dias								
Nível de Atendimento	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Capitação (L/hab/dia)	163	150	150	162	150	155	177	157	
Perdas	40%	35%	42%	35%	39%	37%	35%	25%	
Comp. Industrial***	3%	2%	5%	0.5%	5%	3.93%	15%	5%	
Necessidades hídricas/ Caudal Potencial (m³/ano)	238.850	268.558	246.593	206.763	216.248	464.633	1.177.963	323.325	
Necessidades hídricas/ Caudal Potencial (m³/ano)	3.142.933								

* - Corresponde ao concelho do Gavião com exceção da freguesia de Belver ** - Corresponde ao concelho de Nisa com exceção da freguesia de Montalvão
 *** - Considerado apenas em algumas freguesias do concelho

7.5.3 Sistema do Caia

O sistema de abastecimento que tem como origem a albufeira do Caia abastece os concelhos de Arronches, de Campo Maior, de Elvas e de Monforte, sendo o calculo das necessidade hídricas/ caudal potencial do sistema para o ano horizonte do projecto é apresentado na tabela seguinte:

Quadro 7.11 - Avaliação das necessidades hídricas do sistema do Caia.

	Sistema do Caia			
Concelho	Arronches	Campo Maior	Elvas	Monforte
Pop. Residente (hab.)	2.646	6.549	18.248	2.649
N. Dias da Pop. Residente	365 dias			
Pop. Flutuante (hab.)	51	316	717	50
N Dias da Pop. Flutuante	60 dias			
Nível de Atendimento	95%	95%	95%	95%
Capitação (L/hab/dia)	162	169	172	150
Perdas	22%	22%	19%	23%
Comp. Industrial*	0.5%	3.64%	7.5%	0.5%
Necessidades hídricas/ Caudal Potencial (m³/ano)	193.098	521.796	1.371.385	171.193
Necessidades hídricas/ Caudal Potencial (m³/ano)	2.257.472			

7.6 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO NORTE ALENTEJANO

O sistema de abastecimento da Águas do Norte Alentejano, S.A., para o ano horizonte do projecto, tem uma necessidade hídrica global superior a 7.85 hm³/ano, dos quais 0.32 hm³ corresponde à componente industrial e os restantes 7.53 hm³ corresponde à componente abastecimento.

No entanto, tal como se pode verificar pelos cálculos em anexo, o ano actual apresenta claramente um nível de necessidades hídricas muito superior, sendo apresentado em seguida as comparações entre o ano 2010 e o ano horizonte.

Quadro 7.12 - Evolução das necessidades hídricas da Apartadura.

Sistema	Concelho	Ano 2010	Ano horizonte
Apartadura	Castelo de Vide	423.293 m ³	250.254 m ³
	Marvão	312.133 m ³	218.751 m ³
	Nisa (Montalvão)	64.956 m ³	41.565 m ³
	Portalegre	2.847.228 m ³	1.937.764 m ³
	TOTAL	3.647.609 m³	2.448.334 m³

Quadro 7.13 - Evolução das necessidades hídricas da Póvoa.

Sistema	Concelho	Ano 2010	Ano horizonte
Póvoa	Alter do Chão	335.394 m ³	238.850 m ³
	Avis	361.601 m ³	268.558 m ³
	Crato	349.047 m ³	246.593 m ³
	Fronteira	281.729 m ³	206.763 m ³
	Gavião	308.338 m ³	216.248 m ³
	Nisa	615.602 m ³	464.633 m ³
	Ponte de Sôr	1.595.409 m ³	1.177.963 hm ³
	Sousel	396.899 m ³	323.325 m ³
	TOTAL	4.244.020 m³	3.142.933 m³

Quadro 7.14 - Evolução das necessidades hídricas do Caia.

Sistema	Concelho	Ano 2010	Ano horizonte
Caia	Arronches	271.207 m ³	193.098 m ³
	Campo Maior	935.507 m ³	521.796 m ³
	Elvas	2.286.048 m ³	1.371.385 m ³
	Monforte	235.299 m ³	171.193 m ³
	TOTAL	3.728.062 m³	2.257.472 m³

Actualmente, o sistema de abastecimento da Águas do Norte Alentejano, S.A., apresenta uma necessidade hídrica global superior a 11.62 hm³/ano, sendo este o valor a considerar para efeitos de cálculo uma vez que é mais desfavorável.

8 - SIMULAÇÃO DE EXPLORAÇÃO DAS ALBUFEIRAS.

Neste capítulo pretende-se avaliar a disponibilidade das albufeiras da Apartadura, do Caia e de Póvoa e Meadas, para fazer face às necessidades de cada um dos sistemas de abastecimento da empresa Águas do Norte Alentejano, S.A..

A metodologia proposta compreende 3 grandes etapas. Em primeiro lugar, além de se utilizar as séries de escoamento históricas determinadas no capítulo anterior, recorre-se também à geração de séries de escoamento sintéticas, que permitirão uma melhor avaliação, pois correspondem a valores de escoamento alternativos com a probabilidade de ocorrer no futuro, minimizado o nível de incerteza. Em seguida, avalia-se o potencial de abastecimento para cada uma das albufeiras em estudo. E, em último lugar procede-se à análise dos resultados obtidos, verificando a probabilidade de falha e a garantia de abastecimento anual.

8.1 - GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE ESCOAMENTO

A geração de escoamentos anuais inicia-se com a análise dos dados históricos para possível identificação de tendências e outras alterações determinísticas pois estas duas componentes, quando presentes, devem ser removidas para que se obtenha uma série estacionária. Posteriormente deve

verificar-se se a série apresenta autocorrelação, isto é, deve testar-se a independência da série. Se a série é independente então pode ser utilizada a função de distribuição da série para a geração de valores de escoamento. Se a série não é independente então deve recorrer-se a modelos estocásticos que representem a autocorrelação.

8.1.1 - Análise Estatística da Série Histórica

As medidas usualmente utilizadas para a caracterização estatística são o valor esperado ou média, a variância, o desvio padrão, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de correlação. No quadro seguinte é apresentada a análise estatística de cada uma das séries históricas de escoamento em estudo.

Quadro 8.1 - Análise estatística das séries históricas

	Séries históricas de escoamento		
	Apartadura	Póvoa	Caia
Média (hm ³)	2,797	53,91	96,83
Variância	3,19	1054,30	7665,92
Desvio Padrão (hm ³)	1,7869	32,47	87,56
Coef. de Variação	0,64	0,60	0,90
Coef. de Assimetria	0,3303	0,32	0,51
Coef. de auto correlação	0,0961	0,071	0,222

8.1.2 - Tendência e Outras Alterações Determinísticas

A detecção da tendência e outras alterações determinísticas em séries de escoamento anual pode ser vista como um teste de hipóteses, onde a hipótese nula é a de não existir tendência (alteração determinística) nos dados e a hipótese alternativa é a de existir tendência (alteração determinística). Para testar as hipóteses vários testes paramétricos e não paramétricos têm sido propostos. Os testes paramétricos são mais potentes, isto é a probabilidade de rejeitar a hipótese nula quando ela é falsa é maior, mas requerem que os dados sejam independentes e normalmente distribuídos. Por este facto, para a detecção da tendência em séries hidrológicas, têm sido mais usados os testes não paramétricos. (Guimarães, 2005)

Seguidamente apresentam-se dois testes usualmente utilizados para detecção da tendência e outras alterações determinísticas.

8.1.2.1 - Teste de Mann-Kendall

Neste teste não paramétrico, sugerido pela World Meteorological Organization (1998) in Guimarães (2005), a hipótese nula (H_0) é a de que a amostra de dados, $x_i = 1, 2, \dots, n$, é independente e identicamente distribuída e portanto não apresenta tendência. A hipótese alternativa (H_1) é a de que existe tendência em x_i . A estatística S de Mann- Kendall é definido por:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{i'=i+1}^n \text{sgn}(x_{i'} - x_i) \quad (8.1)$$

Em que, x_i e $x_{i'}$ são valores consecutivos da amostra de dados, n é o tamanho da amostra e

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{se } \theta > 0 \\ 0 & \text{se } \theta = 0 \\ -1 & \text{se } \theta < 0 \end{cases} \quad (8.2)$$

Para $n \geq 8$ a estatística S é aproximadamente normalmente distribuída com média e variância traduzidas pelas expressões (Yue et al., 2002 in Guimarães 2005):

$$E[S] = 0 \quad (8.3)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n-5) - \sum_{g=1}^n t_g g(g-1)(2g+5)}{18} \quad (8.4)$$

Em que t_g é o número de grupos sucessivos com valores iguais de x_i e g é o número de valores de x_i envolvidos em cada um dos grupos.

A estatística do teste Mann-Kendall Z_{MK} é calculada por:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var[S]}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var[S]}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (8.5)$$

A hipótese nula não deve ser rejeitada se, ao nível de significância α ,

$$|Z_{MK}| \leq Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \quad (8.6)$$

Em que $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ é o quantil $1 - \frac{\alpha}{2}$ da distribuição normal estandardizada.

Da aplicação deste teste, obtiveram-se os seguintes resultados:

Quadro 8.2 - Resultados do teste de Mann-Kendall

	Apartadura	Póvoa	Caia
S	-152	-139	-205
$Var[S]$	7366,67	7366,67	7366,67
Z_{MK}	-1,7593	-1,6078	-2,3768
α	5%		
$ Z_{MK} $	1,96		

Da análise do quadro anterior, pode concluir-se que ao nível de significância de 5% não se rejeita a hipótese de não existir tendência nas séries de escoamento anuais.

8.1.2.2 - Teste de Mann-Whitney

Este é um teste não paramétrico para identificação de diferenças entre as médias de duas amostras e não requer a normalidade dos dados. Considere-se a série, $x_i, i = 1, 2, \dots, n$, que pode ser dividida em duas séries x_1, x_2, \dots, x_{n_1} e $x_{n_1+1}, x_{n_1+2}, \dots, x_{n_1+n_2}$, de tamanho n_1 e n_2 , respectivamente, tal que $n = n_1 + n_2$. Uma nova série $x'_i, i = 1, 2, \dots, n$ pode ser obtida por ordenação dos dados originais x_i por ordem crescente de magnitude. Então, pode testar-se a hipótese nula (H_0), de as médias das duas amostras serem iguais contra a hipótese alternativa (H_1), de as médias de duas amostras serem diferentes, através da estatística.

$$Z_{MW} = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} O(x_i) - \frac{n_1(n_1 + n_2 + 1)}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (8.7)$$

Em que $O(x_i)$ é o número de ordem da observação x_i na série ordenada x'_i . A hipótese nula, não deve ser rejeitada se, ao nível de significância α ,

$$|Z_{MK}| \leq Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \quad (8.8)$$

Em que $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ é o quantil $1 - \frac{\alpha}{2}$ da distribuição normal estandardizada.

Da aplicação deste teste, obtiveram-se os seguintes resultados:

Quadro 8.3 - Resultados do teste de Mann-Whitney

	Apartadura	Póvoa	Caia
Z_{MW}	0,65	0,57	1,16
α	5%		
$ Z_{MW} $	1,96		

Da análise do quadro anterior, pode concluir-se que, ao nível de significância de 5%, as séries de escoamento anuais não apresentam alterações determinísticas. Deste modo, pode-se concluir que as séries são estacionárias.

8.1.3 - Estrutural Correlacional

Uma série , $x_i, i = 1, 2, \dots, n$, de valores de escoamento anual diz-se independente no tempo, ou não correlacionada, se os valores de x no ano i são independentes dos valores x no ano $i - k$, para $k = 1, 2, \dots$. Caso contrário a série diz-se dependente ou autocorrelacionada.

A autocorrelação ou dependência verificada nalgumas séries de escoamento anual deve-se ao transporte de água armazenada na bacia hidrográfica de uns anos para os outros. Em Portugal, os valores de escoamento anual têm sido considerados independentes no tempo, dado que a influência do escoamento do ano seguinte é praticamente eliminada pela adopção do ano hidrológico (Quintela, 1967 in Guimarães 2005).

A verificação da independência temporal de uma série de escoamentos anuais pode ser feita através da análise do respectivo correlograma, definido pela representação gráfica do coeficiente de auto correlação r_k em função de k . r_k é o estimador do coeficiente de autocorrelação ρ_k definido por (Box e Jenkins, 1976 in Guimarães 2005):

$$\rho_k = \frac{Cov [x_i x_{i+k}]}{Var[x]} \quad (8.9)$$

O estimador de máxima verosimilhança de ρ_k é dada por (Salas et al., 1980 in Guimarães, 2005):

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x}_i)(x_{i+k} - \bar{x}_{i+k})}{[\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x}_i)^2 \sum_{i=1}^{n-k} (x_{i+k} - \bar{x}_{i+k})^2]^{1/2}} \quad (8.10)$$

Em que \bar{x}_i e \bar{x}_{i+k} são, respectivamente a média dos primeiros $n - k$ valores de x_i e a média dos últimos $n - k$ valores de $n - k$ e k é o incremento temporal que não deve ser superior de $n/4$ (Box e Jenkins, 1976 in Guimarães 2005).

Uma série pode ser considerada independente se $r_k = 0$ para um incremento temporal $k \neq 0$. No entanto, devido a flutuações amostrais a estimativa do coeficiente de autocorrelação pode apresentar valores diferentes

de zero, tornando-se por isso necessário ter uma indicação de quanto ele pode diferir do seu valor teórico. Esta diferença é definido pelo seguinte intervalo (Anderson, 1941 in Guimarães, 2005),

$$\left[\frac{-1 - Z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}}{n-k}; \frac{-1 + Z_{1-\alpha/2} \sqrt{n-k-1}}{n-k} \right] \quad (8.11)$$

Em que $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ é o quantil $1 - \frac{\alpha}{2}$ da distribuição normal estandardizada.

Assim, considera-se a independência da série, para o nível de confiança $(1 - \alpha)$, se r_k se situar naquele intervalo, sendo em seguida apresentados os resultados obtidos e o respectivos correlogramas para cada uma das séries de escoamento em estudo.

Quadro 8.4 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento da Apartadura.

k	r_k	Intervalo de Confiança	
		Limite inferior	Limite superior
0	1	0,269377	-0,31483
1	0,09608	0,269377	-0,31483
2	-0,13149	0,269377	-0,31483
3	0,131273	0,269377	-0,31483
4	-0,01014	0,269377	-0,31483
5	-0,2505	0,269377	-0,31483
6	0,126347	0,269377	-0,31483
7	0,082856	0,269377	-0,31483
8	0,008817	0,269377	-0,31483
9	0,043149	0,269377	-0,31483
10	0,148987	0,269377	-0,31483
11	-0,07075	0,269377	-0,31483
12	-0,31451	0,269377	-0,31483
13	-0,11535	0,269377	-0,31483
14	-0,08472	0,269377	-0,31483

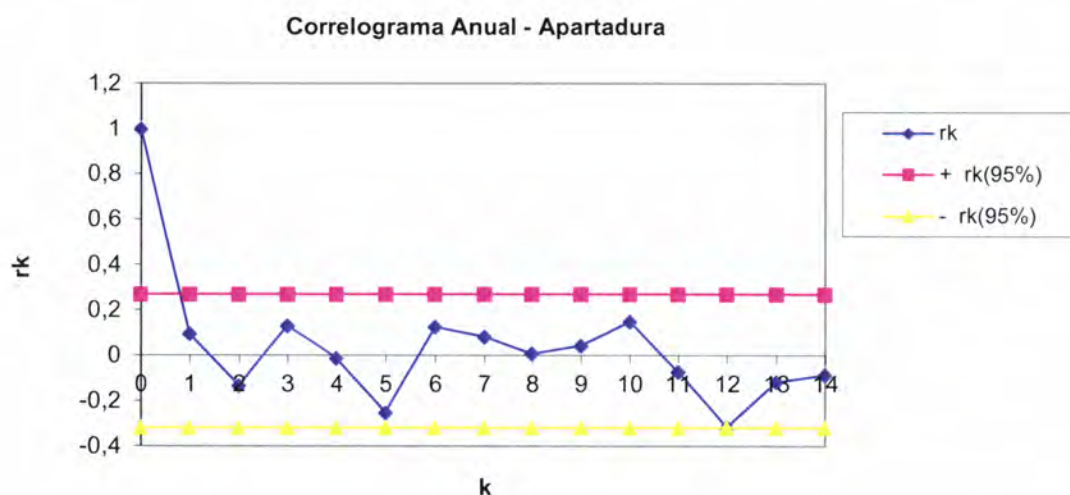


Figura 8.1 - Correlograma da série de escoamentos anuais na bacia hidrográfica da Apartadura

Quadro 8.5 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento da Póvoa.

k	r_k	Intervalo de Confiança	
		Limite inferior	Limite superior
0	1	0,269377	-0,31483
1	0,070993	0,269377	-0,31483
2	-0,14611	0,269377	-0,31483
3	0,100879	0,269377	-0,31483
4	-0,05707	0,269377	-0,31483
5	-0,25598	0,269377	-0,31483
6	0,132336	0,269377	-0,31483
7	0,058351	0,269377	-0,31483
8	0,021131	0,269377	-0,31483
9	0,054851	0,269377	-0,31483
10	0,136403	0,269377	-0,31483
11	-0,07057	0,269377	-0,31483
12	-0,30558	0,269377	-0,31483
13	-0,12812	0,269377	-0,31483
14	-0,15835	0,269377	-0,31483

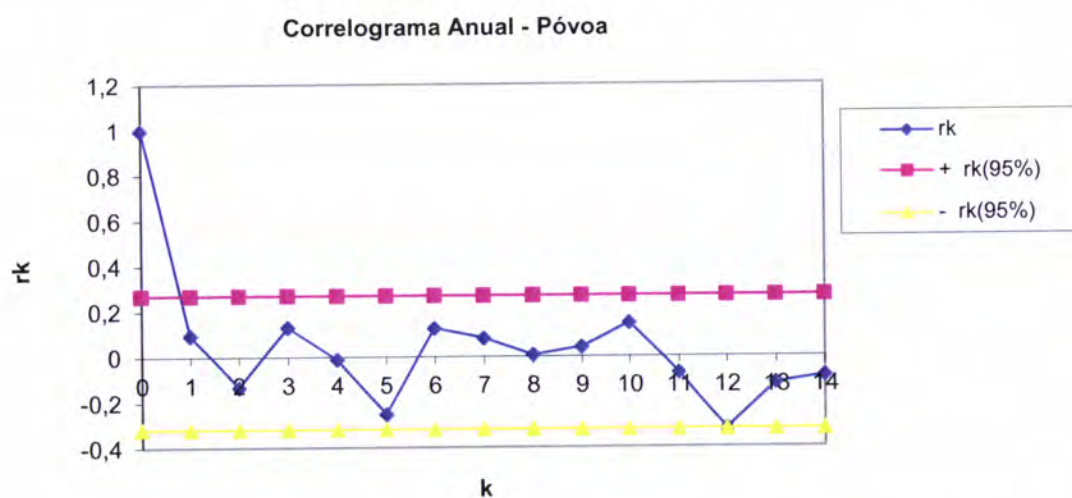


Figura 8.2 - Correlograma da série de escoamentos anuais na bacia hidrográfica da Póvoa

Quadro 8.6 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento do Caia.

k	r_k	Intervalo de Confiança	
		Limite inferior	Limite superior
0	1	0,269377	-0,31483
1	0,222022	0,269377	-0,31483
2	-0,0014	0,269377	-0,31483
3	0,133936	0,269377	-0,31483
4	-0,03663	0,269377	-0,31483
5	-0,16705	0,269377	-0,31483
6	0,173321	0,269377	-0,31483
7	0,262499	0,269377	-0,31483
8	0,106231	0,269377	-0,31483
9	-0,02121	0,269377	-0,31483
10	0,093659	0,269377	-0,31483
11	-0,10227	0,269377	-0,31483
12	-0,25988	0,269377	-0,31483
13	0,052484	0,269377	-0,31483
14	0,114747	0,269377	-0,31483

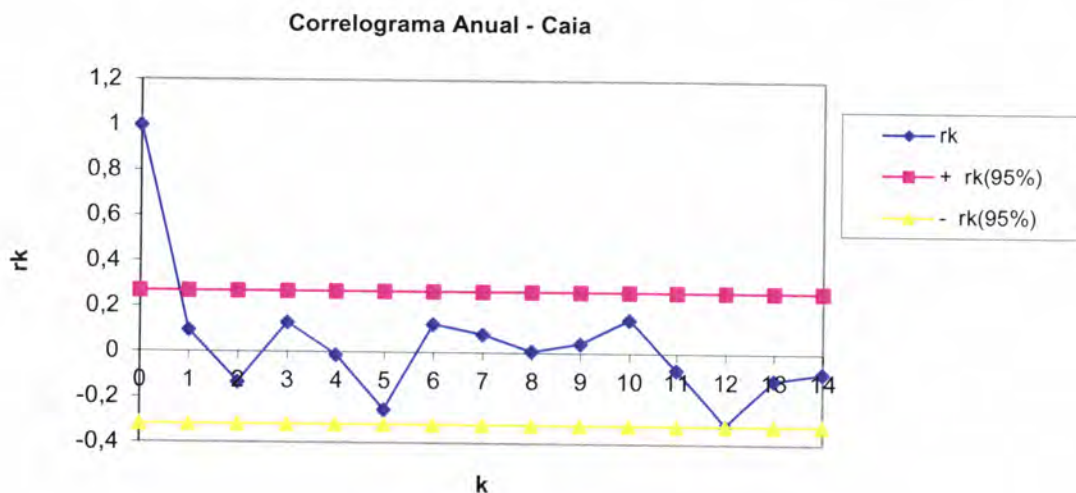


Figura 8.3 - Correlograma da série de escoamentos anuais na bacia hidrográfica do Caia

Da análise dos quadros anteriores e respectivos correlogramas, pode concluir-se que as séries de escoamento anuais são independentes.

8.1.4 - Geração de escoamentos anuais

Admitindo-se a hipótese de independência da série de escoamentos anuais históricos os valores de escoamento podem ser tratados como variáveis aleatórias representadas por uma função de distribuição de probabilidade. A escolha da função de distribuição representativa de uma série de escoamentos anuais é, por isso, o primeiro passo a efectuar com vista à geração de valores de escoamento. No entanto, esta escolha poderá não ser directa e de simples execução, uma vez que os valores de escoamento, por vezes, podem ajustar-se a mais do que uma função de distribuição e a escolha da função distribuição seria subjectiva. Perante tal facto, neste trabalho não se efectuaram testes para ajuizar o ajuste de uma distribuição de probabilidade e o procedimento para geração de escoamentos assimétricos será baseado na geração de variáveis aleatórias com a mesma assimetria da série histórica. Assim, vários esquemas geradores poderão ser experimentados e entre eles será escolhido aquele que permita a reprodução satisfatória das estatísticas históricas.

Considere-se uma série de escoamentos anuais independentes ($r_k = 0$ para $k \neq 0$) observados, x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, para a qual se determinam as estatísticas

amostrais, média \bar{x} , desvio padrão s_x , e coeficiente de assimetria g_x . Pretende-se obter valores de escoamento sintéticos \hat{x}_{i^*} com $i = 1, 2, \dots, n^*$. A obtenção de valores sintéticos de escoamento anual \hat{x}_{i^*} com preservação daquelas estatísticas históricas pode ser conseguida através de vários métodos, que a seguir se descrevem.

8.1.4.1 - Método baseado na distribuição Normal.

Se os escoamentos anuais históricos apresentarem um coeficiente de assimetria aproximadamente nulo, então assumir-se-á que a distribuição que melhor os representa é a distribuição Normal e, portanto, pretende-se gerar variáveis aleatórias com distribuição Normal. Neste caso, o procedimento para a geração de valores de escoamento é:

1. Determinar a média \bar{x} e o desvio padrão s_x dos valores de escoamento históricos;
2. Gerar variáveis aleatórias u_i , uniformemente distribuídas no intervalo $[0,1]$;
3. Gerar variáveis aleatórias t_i , com distribuição Normal $N(0,1)$ a partir das variáveis uniformemente distribuídas geradas anteriormente;
4. Obter valores sintéticos de escoamento anual \hat{x}_{i^*} através de,

$$\hat{x}_i = \bar{x} + S_x t_i \quad (8.12)$$

Este método permite a geração de valores de escoamento anual com preservação da média e desvio padrão da série histórica.

8.1.4.2 - Método baseado na distribuição Log-normal a dois parâmetros

Quando os escoamentos anuais apresentam assimetria, pode assumir-se que os valores de escoamento anual tem distribuição Log-Normal a dois parâmetros e portanto a variável $y_i = \ln x_i$ é normalmente distribuída. Assim, podem gerar-se as variáveis aleatórias com distribuição Normal que por exponenciação permitem obter variáveis aleatórias com a distribuição de Log-Normal (Guimarães, 2005). Uma das maneiras de o conseguir é utilizando o seguinte algoritmo:

1. Calcular os logaritmos dos valores da série histórica. Se algum valor de escoamento for nulo, adicionar uma constante c

$$y_i = \ln(x_i + c) \quad (8.13)$$

2. Determinar a média \bar{y}_l e desvio padrão S_y dos valores logaritmizados.
3. Gerar variáveis aleatórias u_{i^*} , uniformemente distribuídas no intervalo $[0,1]$.
4. Gerar variáveis aleatórias t_{i^*} , com distribuição Normal $N(0,1)$ a partir das variáveis uniformemente distribuídas geradas anteriormente.
5. Obter valores sintéticos de escoamento anual \hat{x}_i^* através de,

$$\hat{x}_i^* = \exp(\bar{y} + S_y t_{i^*}) - c \quad (8.14)$$

Deve notar-se que quando se utiliza este esquema gerador, baseado na distribuição Log-Normal a dois parâmetros, a assimetria dos escoamentos anuais é tomada em conta implicitamente, já que nesta distribuição o coeficiente γ_x está relacionado com o coeficiente de variação η_x , através de (Chow, 1964 in Guimarães, 2005),

$$\gamma_x = 3 \eta_x + \eta_x^3 \quad (8.15)$$

Assim, nos casos em que η_x é pequeno relativamente a γ_x , a assimetria das séries geradas aproxima-se da assimetria histórica. No entanto, quando η_x é elevado relativamente a γ_x este esquema gerador tende a produzir séries com valores de assimetria mais elevados que a assimetria histórica. Nestes últimos casos, deverá considerar-se a geração baseada na distribuição Log-Normal a três parâmetros, como se verá mais adiante.

Outro problema que surge com a geração de séries com base na distribuição Log-Normal a dois parâmetros é o facto de quando se aplica a transformação $y_i = \ln x_i$ não é garantido que se obtenha uma série com assimetria nula. Logo, nestes casos, não é correcto assumir que a variável $y_i = \ln x_i$ é normalmente distribuída e utilizar o algoritmo de geração proposto. Uma das maneiras de contornar este problema é aplicar a transformação de Wilson-Hilferty à variável t_i , o que permite a preservação da assimetria da série histórica. O procedimento é o seguinte:

1. Calcular $y_i = \ln(x_i + c)$;
2. Determinar a média \bar{y} , o desvio padrão s_y e o coeficiente de assimetria g_x de y ;
3. Gerar variáveis aleatórias u_i , uniformemente distribuídas no intervalo $[0,1]$;

4. Gerar variáveis aleatórias t_{i^*} , com distribuição Normal $N(0,1)$ a partir das variáveis uniformemente distribuídas geradas anteriormente;
5. Aplicar a transformação de Wilson Hilferty às variáveis t_{i^*} obtidas anteriormente,

$$\hat{v}_{i^*} = \frac{2}{g_y} \left(1 + \frac{g_y}{6} t_{i^*} - \frac{g_y^2}{36} \right)^3 - \frac{2}{g_y} \quad (8.16)$$

Em que, \hat{v}_{i^*} é a série sintética com média zero e variância unitária e assimetria g_y ;

6. Obter valores sintéticos de escoamento anual \hat{x}_{i^*} através de,

$$\hat{x}_{i^*} = \exp(\bar{y} + S_y \hat{v}_{i^*}) - c \quad (8.17)$$

É de esperar que este método permita a geração de valores de escoamento anual com preservação da média, variância, coeficiente de assimetria da série histórica.

8.1.4.3 - Método baseado na distribuição Log-normal a três parâmetros

Quando os escoamentos observados apresentam coeficiente de assimetria que não pode ser satisfatoriamente modelado pela distribuição Log-Normal a dois

parâmetros, assume-se que os valores de escoamento anual tem distribuição Log-Normal a três parâmetros e portanto, a variável $y_i = \ln(x_i - a)$, onde a é o parâmetro de localização, é normalmente distribuída. A estimação do parâmetro a é feita do seguinte modo (Santos, 1983, in Guimarães, 2005): considera-se que a variável aleatória x tem uma distribuição Log-Normal com média μ_x , desvio padrão σ_x , assimetria γ_x e coeficiente de variação $\eta_x = \frac{\sigma_x}{\mu_x}$. A variável $(X - a)$ terá coeficiente de variação η_{x-a} dado por:

$$\eta_{x-a} = \frac{\sigma_x}{\mu_x - a}. \quad (8.18)$$

Uma vez que o segundo e terceiro momentos de $(X - a)$ são independentes de a , o valor de η_{x-a} pode ser obtido a partir da relação (8.15) (Yevjevich, 1972 in Guimarães, 2005),

$$\gamma_x = 3\eta_{x-a} + \eta_{x-a}^3 \quad (8.19)$$

cuja a solução é (Santos, 1983, in Guimarães, 2005)

$$\eta_{x-a} = \frac{1 - w^{2/3}}{w^{1/3}} \quad (8.20)$$

Em que w é,

$$w = \frac{-\gamma_x + (\gamma_x^2 + 4)^{1/2}}{2} \quad (8.21)$$

Depois de calculado η_{x-a} pode o parâmetro a ser estimado por,

$$a = \mu_x - \frac{\sigma_x}{n_{x-a}} \quad (8.22)$$

Assim, o procedimento para a geração de valores de escoamento anual, que se assumem com distribuição a Log-Normal a três parâmetros é :

1. Determinar a média \bar{x} , o desvio padrão s_x e o coeficiente de assimetria g_x dos valores de escoamento históricos;
2. Estimar o parâmetro a através das equações (8.21), (8.20) e (8.22);
3. Calcular os logaritmos dos valores da série histórica $y_i = \ln(x_i - \hat{a})$;
4. Determinar a média \bar{y} e o desvio padrão s_y dos valores logaritmizados;
5. Gerar variáveis aleatórias u_i^* , uniformemente distribuídas no intervalo $[0,1]$;

6. Gerar variáveis aleatórias t_{i^*} , com distribuição Normal $N(0,1)$ a partir das variáveis uniformemente distribuídas geradas na etapa anterior.
7. Obter valores sintéticos de escoamento anual \hat{x}_{i^*} através de,

$$\hat{x}_{i^*} = \exp(\bar{y} + S_y t_{i^*}) + \hat{a} \quad (8.23)$$

É de esperar que este método permita a geração de valores de escoamento anual com preservação da média, a variância e o coeficiente de assimetria a série histórica.

8.1.4.4 - Método baseado na distribuição Gama

Outro método para gerar escoamentos anuais assimétricos é considerar que eles seguem uma distribuição Gama a três parâmetros e portanto, o que se pretende é gerar variáveis aleatórias com distribuição Gama. Uma das maneiras de o conseguir é através da transformação de Wilson Hilferty. Assim, o procedimento para a geração de valores de escoamento anual é:

1. Determina-se a média \bar{x} , o desvio padrão s_x e o coeficiente de assimetria g_x dos valores de escoamento histórico;

2. Gerar variáveis aleatórias u_{i^*} , uniformemente distribuídas no intervalo $[0,1]$;
3. Gera-se variáveis aleatórias t_{i^*} , com distribuição Normal $N(0,1)$ a partir das variáveis uniformemente distribuídas geradas anteriormente.
4. Aplicar a transformação de Wilson Hilferty aos valores de t_{i^*} obtidos anteriormente

$$\hat{v}_{i^*} = \frac{2}{g_y} \left(1 + \frac{g_y}{6} t_{i^*} - \frac{g_y^2}{36} \right)^3 - \frac{2}{g_y} \quad (8.24)$$

Em que \hat{v}_{i^*} é a série sintética com média zero e variância unitária e assimetria g_y ;

5. Obter os valores sintéticos de escoamento anual \hat{x}_{i^*} através de,

$$\hat{x}_{i^*} = \bar{x} + S_x \hat{v}_i \quad (8.25)$$

É de esperar que este método permita a geração de valores de escoamento anual com preservação da média, da variância e o coeficiente de assimetria da série histórica.

8.1.5 - Metodologia de avaliação da qualidade das séries geradas

A avaliação da qualidade das séries geradas por qualquer dos métodos pode ser feita pela comparação das suas estatísticas com as estatísticas da série histórica. Se as estatísticas da série histórica são preservadas pelas séries geradas, então considera-se que estas são sequências alternativas à série histórica, podendo ser utilizadas para o objectivo para que foram geradas (Guimarães, 2005).

A comparação da estatística, θ , da série histórica com a estatística $\hat{\theta}$ das s séries geradas pode ser feita determinando a média e desvio padrão de $\hat{\theta}$,

$$M(\hat{\theta}) = \frac{1}{s} \sum_{m=1}^s \hat{\theta}_m \quad (8.26)$$

$$s(\hat{\theta}) = \left[\frac{1}{s-1} \sum_{m=1}^s (\hat{\theta}_m - M(\hat{\theta}))^2 \right]^{1/2} \quad (8.27)$$

Em que $\hat{\theta}_m$ é a estatística $\hat{\theta}$ calculada para a m^a série gerada e s é o número de série geradas.

Depois de calculadas $M(\hat{\theta})$ e $s(\hat{\theta})$, pode estabelecer-se o intervalo de confiança $(1 - \alpha)$ para a θ , (Guimarães, 2005),

$$\left] M(\hat{\theta}) - z_{1-\alpha/2} s(\hat{\theta}); M(\hat{\theta}) + z_{1-\alpha/2} s(\hat{\theta}) \left[\quad (8.28)$$

Em que $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ é o quantil $1 - \frac{\alpha}{2}$ da distribuição normal estandardizada.

Considera-se que a estatística θ da série histórica é preservada na séries geradas se ela se situar dentro daquele intervalo.

8.1.5.1 - Avaliação da qualidade das séries geradas

Na avaliação da qualidade das séries de todos os métodos referidos, verifica-se se a média, o desvio padrão, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de autocorrelação da série histórica são reproduzidos pelas séries geradas. Para tal recorreu-se a um programa de Visual Basic, desenvolvido por Guimarães, 2005, tendo-se estabelecido o intervalo de confiança a 95%.

8.1.5.1.1 - Séries geradas para o Sistema da Apartadura

Os quadros seguintes apresentam os resultados obtidos para cada um dos métodos para o sistema da Apartadura.

Quadro 8.7 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Normal

Normal		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		2,797	1,7869	0,3303	0,0961
Série Gerada	Média	2,849	1,702	0,2231	-0,0387
	Des. padrão	0,2705	0,1738	0,2981	0,1543
	Erro absoluto	0,052	0,0849	0,1072	0,1348
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.8 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros

Log-Normal 2 parâmetros		Média	Des.padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		2,797	1,7869	0,3303	0,0961
Série Gerada	Média	3,0906	3,0285	2,1145	-0,0338
	Des. padrão	0,05204	1,028	0,9161	0,1439
	Erro absoluto	0,2936	1,2416	1,7842	0,1299
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.9 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson-Hilferty

Log-Normal 2 par. WH		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		2,797	1,7869	0,3303	0,0961
Série Gerada	Média	2,8154	1,7827	0,4637	-0,0383
	Des. padrão	0,2832	0,1707	0,2635	0,1545
	Erro absoluto	0,0184	0,0042	0,1334	0,1344
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.10 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros

Log-Normal 3 parâmetros		Média	Des.padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		2,797	1,7869	0,3303	0,0961
Série Gerada	Média	2,8242	1,7142	0,4125	-0,0212
	Des. padrão	0,2801	0,1968	0,3373	0,1575
	Erro absoluto	0,0272	0,0727	0,0822	0,1173
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.11 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Apartadura e das séries geradas pela distribuição Gama

Gama		Média	Desvio padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		2,797	1,7869	0,3303	0,0961
Série Gerada	Média	2,8327	1,7389	0,4179	-0,0383
	Des. padrão	0,2767	0,1966	0,3445	0,1539
	Erro absoluto	0,0357	0,048	0,0876	0,1344
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Da análise dos resultados obtidos para o sistema de Apartadura pode dizer-se que:

- todos os modelos adoptados originam séries sintéticas que preservam as estatísticas históricas;
- a média e o desvio padrão da série histórica, são melhor preservados pelo método da Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty, comparativamente aos restantes métodos, uma vez que apresenta o menor valor de erro.
- o coeficiente de assimetria e o coeficiente de autocorrelação, da séries histórica são melhor preservados pelo método da distribuição Log-Normal a três parâmetros, uma vez que apresenta o menor valor de erro.

Apesar do anteriormente descrito, não se pode concluir qual dos métodos é mais favorável, pelo que a escolha baseou-se na comparação dos registos de valores nulos na série histórica (1 em 40) com os valores obtidos nas séries geradas. Os valores nulos obtidos nas séries geradas são apresentados no quadro seguinte.

Quadro 8.12 - Numero de valores nulos obtidos na séries geradas.

Normal	Log-Normal a 2 parâmetros	Log-Normal a 2 parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	Log-Normal a 3 parâmetros	Gama a 3 parâmetros
2916	1	270	2236	2369

Com base no critério referido, considerou-se o método mais favorável aquele que gera escoamentos nulos que mais se aproximam da percentagem de registos nulos existentes na série histórica. Assim, para esta série seleccionou-se método baseado na distribuição Log-Normal a 3 parâmetros, que em 1200 séries geradas, que corresponde a 48000 valores, registou 2236 valores nulos. Nos restantes métodos, os valores de nulos surgem em maior número, com excepção do método baseado na distribuição Log Normal a 2 parâmetros e no método baseado na distribuição Log Normal a 2 parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty, que em 1200 séries apenas registaram 1 e 270, respectivamente.

8.1.5.1.2 - Séries geradas para o Sistema da Póvoa

Os quadros seguintes apresentam os resultados obtidos para cada um dos métodos para o sistema da Póvoa.

Quadro 8.13 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Normal

Normal		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		53,9118	32,47	0,3196	0,071
Série Gerada	Média	54,8474	31,0467	0,1798	-0,0279
	Des. padrão	4,7929	3,1974	0,2863	0,1555
	Erro absoluto	0,9356	1,4233	0,1398	0,0989
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.14 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros

Log-Normal 2 parâmetros		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		53,9118	32,47	0,3196	0,071
Série Gerada	Média	57,4707	49,6456	2,0089	-0,0255
	Des. padrão	8,0734	15,3723	0,9045	0,1471
	Erro absoluto	3,5589	17,1756	1,6893	0,0965
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.15 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty

Log-Normal 2 par. WH		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		53,9118	32,47	0,3196	0,071
Série Gerada	Média	54,6171	34,7408	0,8022	-0,0376
	Des. padrão	5,5324	4,325	0,348	0,1535
	Erro absoluto	0,7053	2,2708	0,4826	0,1086
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.16 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros

Log-Normal 3 parâmetros		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		53,9118	32,47	0,3196	0,071
Série Gerada	Média	54,2353	31,3678	0,3592	-0,0355
	Des. padrão	4,9957	3,5561	0,3275	0,1581
	Erro absoluto	0,3235	1,1022	0,0396	0,1065
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.17 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais na Póvoa e das séries geradas pela distribuição Gama

Gama		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		53,9118	32,47	0,3196	0,071
Série Gerada	Média	54,2611	31,5402	0,3796	-0,0213
	Des. padrão	5,1533	3,6001	0,335	0,1576
	Erro absoluto	0,3493	0,9298	0,06	0,0923
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Da análise dos resultados obtidos para o sistema de Póvoa pode-se dizer que:

- todos os modelos adoptados originam séries sintéticas que preservam as estatísticas históricas;
- a média e o coeficiente de assimetria da série histórica, são melhor preservados pelo método da distribuição Log-Normal a 3 parâmetros, pois apresenta o menor valor de erro.

- o desvio padrão e o coeficiente de auto correlação da série histórica, são melhor preservados pelo método da distribuição Gama, uma vez que apresenta o menor valor de erro.

Tal como anteriormente, também não se pode concluir qual dos métodos é mais favorável, pelo que adoptou o mesmo critério de escolha, sendo apresentados no quadro seguinte os valores nulos obtidos nas séries geradas. A série histórica caracteriza-se pela ausência de valores nulos.

Quadro 8.18 - Numero de valores nulos obtidos nas séries geradas.

Normal	Log-Normal a 2 parâmetros	Log-Normal a 2 parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	Log-Normal a 3 parâmetros	Gama
2290	0	0	1726	1812

Com base no critério referido anteriormente e na análise do quadro 8.18, os métodos mais favoráveis são os métodos que se baseiam na distribuição Log-Normal a 2 parâmetros e na distribuição Log-Normal a 2 parâmetros com transformação de Wilson Hilferty. Contudo, a distribuição Log-Normal a 2 parâmetros com transformação de Wilson Hilferty, preserva melhor a média e o coeficiente de assimetria, como referido anteriormente, pelo que se considera ser este que melhor preserva a série de escoamento histórica da Póvoa.

8.1.5.1.3 - Séries geradas para o Sistema do Caia

Os quadros seguintes apresentam os resultados obtidos para cada um dos métodos para o sistema do Caia.

Quadro 8.19 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Normal

Normal		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		96,833	87,5552	0,508	0,222
Série Gerada	Média	103,5088	77,4884	0,4508	-0,0277
	Des. padrão	12,0346	8,0223	0,2887	0,156
	Erro absoluto	6,6758	10,0668	0,0572	0,2497
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.20 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros

Log-Normal 2 parâmetros		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		96,833	87,5552	0,508	0,222
Série Gerada	Média	737,5887	3039,7913	4,4959	-0,0287
	Des. padrão	1166,9542	6836,1781	1,2162	0,1036
	Erro absoluto	640,7557	2952,2361	3,9879	0,2507
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	NÃO	NÃO

Quadro 8.21 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty

Log-Normal 2 par. WH		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		96,833	87,5552	0,508	0,222
Série Gerada	Média	138,0035	196,2832	1,9861	-0,0348
	Des. padrão	31,6787	41,1151	0,05114	0,148
	Erro absoluto	41,1705	108,728	1,4781	0,2568
	Conclusão	No intervalo	NÃO	NÃO	No intervalo

Quadro 8.22 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros

Log-Normal 3 parâmetros		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		96,833	87,5552	0,508	0,222
Série Gerada	Média	100,618	79,5734	0,6949	-0,0351
	Des. padrão	12,7285	9,8973	0,3645	0,1573
	Erro absoluto	3,785	7,9818	0,1869	0,2571
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 8.23 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais no Caia e das séries geradas pela distribuição Gama

Gama		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		96,833	87,5552	0,508	0,222
Série Gerada	Média	100,8546	80,8537	0,7306	-0,0206
	Des. padrão	13,2749	10,2042	0,3675	0,1568
	Erro absoluto	4,0216	6,7015	0,2226	0,2426
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Da análise dos resultados obtidos para o sistema do Caia pode dizer-se que:

- apenas os métodos baseados na distribuição de Normal, na distribuição Log-Normal a 3 parâmetros e assim como o método baseado na distribuição Gama originam séries sintéticas que preservam as estatísticas históricas;
- a média da série histórica, é melhor preservada pelo método da distribuição Log-Normal a 3 parâmetros, comparativamente aos restantes métodos, uma vez que apresenta o menor valor de erro.
- o desvio padrão e o coeficiente de autocorrelação, da série histórica são melhor preservados pelo método da distribuição Gama, uma vez que apresentam o menor valor de erro.
- o coeficiente de assimetria, é melhor preservado pelo método da distribuição Normal, uma vez que apresenta o menor valor de erro.

Apesar do anteriormente descrito, não se pode concluir qual dos 3 métodos é mais favorável, pelo que uma vez mais, a escolha baseou-se na comparação dos registos de valores nulos na série histórica (6 em 40) com os valores obtidos nas séries geradas. Os valores nulos obtidos nas séries geradas são apresentados no quadro seguinte.

Quadro 8.24 - Numero de valores nulos obtidos na séries geradas.

Normal	Log-Normal a 3 parâmetros	Gama
6400	5971	6170

Com base no referido critério e da análise do quadro 8.24, o método mais favorável corresponde ao método que se baseia na distribuição Normal, que em 1200 séries geradas registou 6400 valores nulos. Os restantes métodos, percentualmente, os valores nulos obtidos ficam ligeiramente mais a baixo.

8.2 - DETERMINAÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA E GARANTIA DE ABASTECIMENTO

Nesta fase, encontrando-se geradas as séries sintéticas e após a confirmação de que estas preservam as características das séries históricas, procede-se à verificação do comportamento de cada uma das albufeiras, determinando-se também a probabilidade de falha e a garantia de abastecimento. Tratando-se de sistemas existentes, cujas capacidades de utilização já se encontram definidas, a avaliação que se pretende realizar, traduz-se na verificação do potencial do reservatório comparativamente as diversas solicitações/utilizações.

A informação essencial a incorporar na avaliação que se pretende realizar, para cada uma das albufeiras em estudo, compreende as suas características, as

suas afluições e as suas necessidades, informação esta determinada nos capítulos anteriores. Além disso, outros elementos, poderão complementar a informação, como é o caso da evaporação e precipitação na albufeira, assim como eventuais descargas de água para jusante e outras restrições ou outro tipo de perdas. Em síntese, a simulação pretendida é concretizada através da seguinte expressão (McMahon and Mein, 1986):

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t - E_t - L_t \quad (8.29)$$

Em que:

Z_{t+1} é o armazenamento no final do período de tempo t , que varia entre 0 e o volume útil da albufeira;

Z_t é o armazenamento no início do período de tempo t ;

Q_t é a afluição durante o período de tempo t ;

D_t é o consumo durante o período de tempo t ;

E_t é a evaporação do reservatório no período de tempo t ;

L_t corresponde a outras perdas

No quadro seguinte são apresentadas as principais características das albufeiras de Apartadura, Póvoa e Caia.

Quadro 8.25 - Principais características das albufeiras

	Apartadura	Póvoa	Caia
Nível mínimo de exploração - Nme (m)	568,00		192,40
Nível de pleno armazenamento - NPA (m)	595,00	311,45	233,50
Nível de máxima cheia - NMC (m)	595,90	313,00	233,90
Volume total (hm ³)	7,47	19,30	203,00
Volume útil (hm ³)	6,98	18,80	192,30
Área inundada no NPA (ha)	48	236	1970

Em relação ao volume de armazenamento no início do primeiro período de tempo t , optou-se por verificar o comportamento do reservatório considerando 4 condições de partida, que se pode verificar no quadro seguinte.

Quadro 8.26 - Volumes de armazenamento considerados no início do primeiro período t .

Condições	Apartadura	Póvoa	Caia
1ª condição $Z_t = C$	6,98	18,80	192,30
2ª condição $Z_t = C/2$	3,74	9,40	96,15
3ª condição $Z_t = 0$	0,00	0,00	0,00
4ª condição $Z_t = a^*$	6,10	9,10	150,90

Em que a^ corresponde ao volume armazenado no início do ano hidrológico de 2010.

Relativamente às afluências a considerar, numa primeira fase utilizou-se as séries históricas, sendo que posteriormente, consideraram-se também as séries geradas pelas distribuições que melhor preservam as estatísticas dos dados históricos, ou seja, no caso da Apartadura, a distribuição Log-Normal a 3

parâmetros, no caso da Póvoa, a distribuição Log-Normal a 2 parâmetros com transformação de Wilson Hilferty e, por último, no caso do Caia, a distribuição Normal.

Quanto às necessidades sobre as albufeiras, as utilizações consideradas são as apresentadas no quadro seguinte.

Quadro 8.27 - Necessidade de água anuais consideradas nas albufeiras

	Apartadura	Póvoa	Caia
Rega (hm ³)	0,60	0,00	50,00
Produção de energia (hm ³)	0,00	0,60	0,00
Abastecimento (hm ³)	3,65	4,25	3,73
TOTAL	4,25	4,85	53,73

Em relação aos restantes elementos com influência directa no volume armazenado na albufeira, face às dificuldades de recolha de informação e a própria fiabilidade da informação recolhida, optou-se por considerar um acréscimo de 15% aos consumos descritos anteriormente (rega, produção de energia e abastecimento público) para compensar, quer a evaporação e precipitação na albufeira, quer eventuais descargas ou quer ainda outro tipo de perdas.

Quadro 8.28 - Outros consumos de água anuais

	Apartadura	Póvoa	Caia
Evaporação e precipitação na albufeira, descargas e outro tipo de perdas (hm ³)	0,64	0,73	8,06

Após a aplicação da expressão proposta por McMmahon and Mein, 1986, para verificação do comportamento do reservatório, procede-se ao cálculo da probabilidade de falha, P_F determinado pela seguinte expressão,

$$P_F = \frac{n_F}{n_t} \quad (8.30)$$

Em que:

P_F é a probabilidade de falha

n_F é o número de anos em que o reservatório não satisfaz o consumo

n_t é o número total de anos em análise, ou seja, o número de anos da série em análise

E inversamente, pode calcular-se a garantia anual de abastecimento, ou seja a probabilidade do reservatório não falhar na satisfação do consumo, através de:

$$G = 1 - P_F$$

(8.31)

Em que:

G é a garantia anual

Em síntese, o procedimento a efectuar compreende as seguintes etapas:

- 1- Admitir que inicialmente o reservatório se encontra com uma das 4 condições iniciais, descritas no Quadro 8.26.
- 2- Aplicar a expressão proposta por McMahon and Mein, 1986 (8.29), ano a ano para toda a série histórica, assumindo as necessidades de água anuais apresentadas no quadro 8.27 e outros consumos de acordo com o quadro 8.28.
- 3- Determinar a probabilidade de falha e a garantia anual de abastecimento através das expressões 8.30 e 8.31.

8.2.1 - Séries Históricas.

Em seguida são apresentados as probabilidades de falhas e as garantias de abastecimento, calculadas para cada uma das albufeiras em estudo tendo em conta cada uma das 4 condições iniciais dos reservatórios, para as séries históricas.

Quadro 8.29 - Valores de probabilidade de falha e garantia de abastecimento anual calculados para cada uma das condições iniciais

Condições		Apartadura		Póvoa		Caia	
		P_F (%)	G (%)	P_F (%)	G (%)	P_F (%)	G (%)
1ª condição	$Z_t = C$	82,50	17,50	0,00	100,00	5,00	95,00
2ª condição	$Z_t = C/2$	82,50	17,50	0,00	100,00	5,00	95,00
3ª condição	$Z_t = 0$	85,00	15,00	0,00	100,00	5,00	95,00
4ª condição	$Z_t = a^*$	82,50	17,50	0,00	100,00	5,00	95,00

*Em que a corresponde ao volume armazenado no início do ano hidrológico de 2010.

O comportamento do reservatório pode também ser traduzido em gráfico, denominado diagrama de comportamento do reservatório, onde se relaciona o volume armazenado no final do período de tempo t , Z_{t+1} com o número de anos em análise. As figuras seguintes apresentam o comportamento dos 3 reservatórios em estudo para as 4 condições iniciais, encontrando-se no anexo 4 o respectivo cálculo.

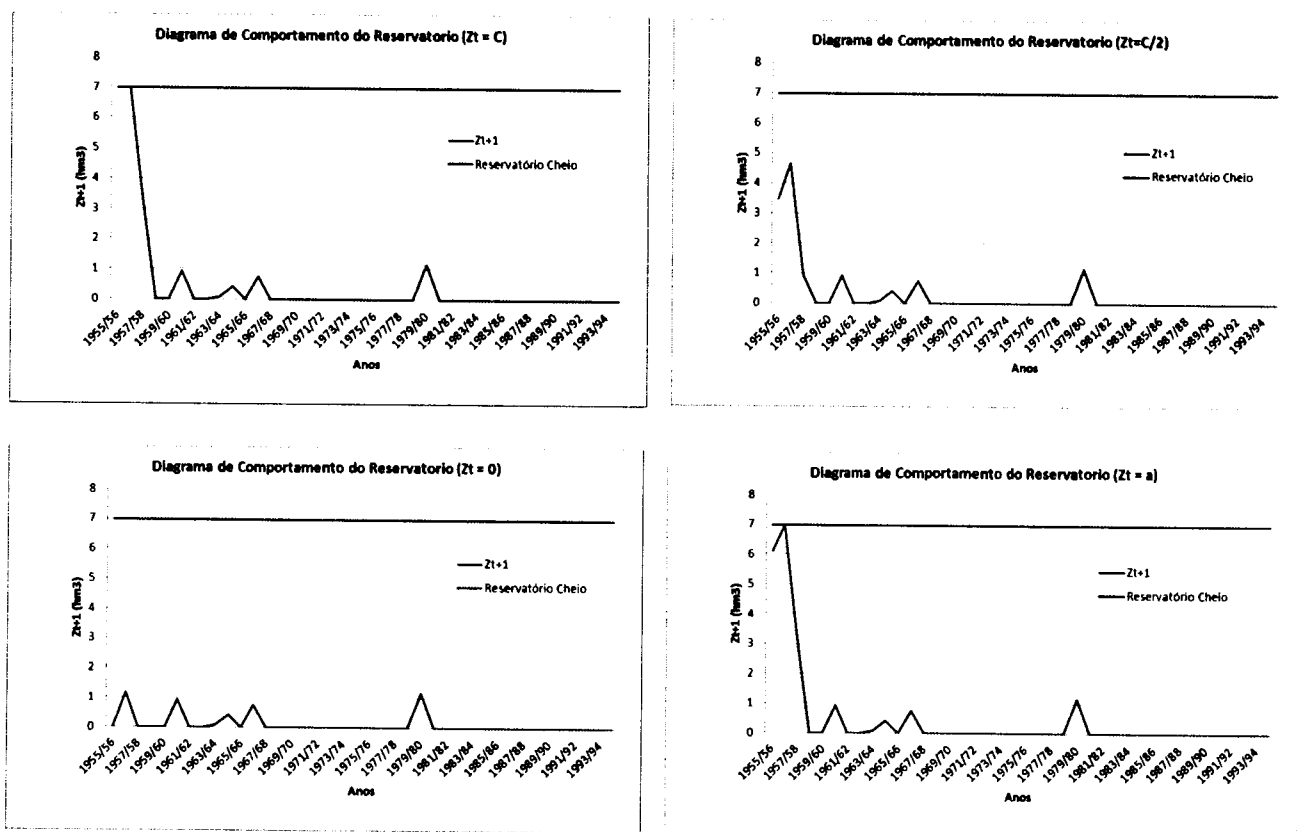


Figura 8.4 - Diagrama de comportamento do reservatório da Apartadura para cada uma das 4 condições iniciais.

A análise dos valores de probabilidade de falha e de garantia de abastecimento anual, conjuntamente com os diagramas de comportamento do reservatório da Apartadura, dá uma clara indicação das dificuldades do reservatório em fazer face as solicitações existentes. Pode concluir-se que a albufeira da Apartadura não consegue satisfazer os consumos considerados, pelo que, ou se diminui a sobrecarga das solicitações existentes, ou então conjuga-se com outra origem para garantir o abastecimento.

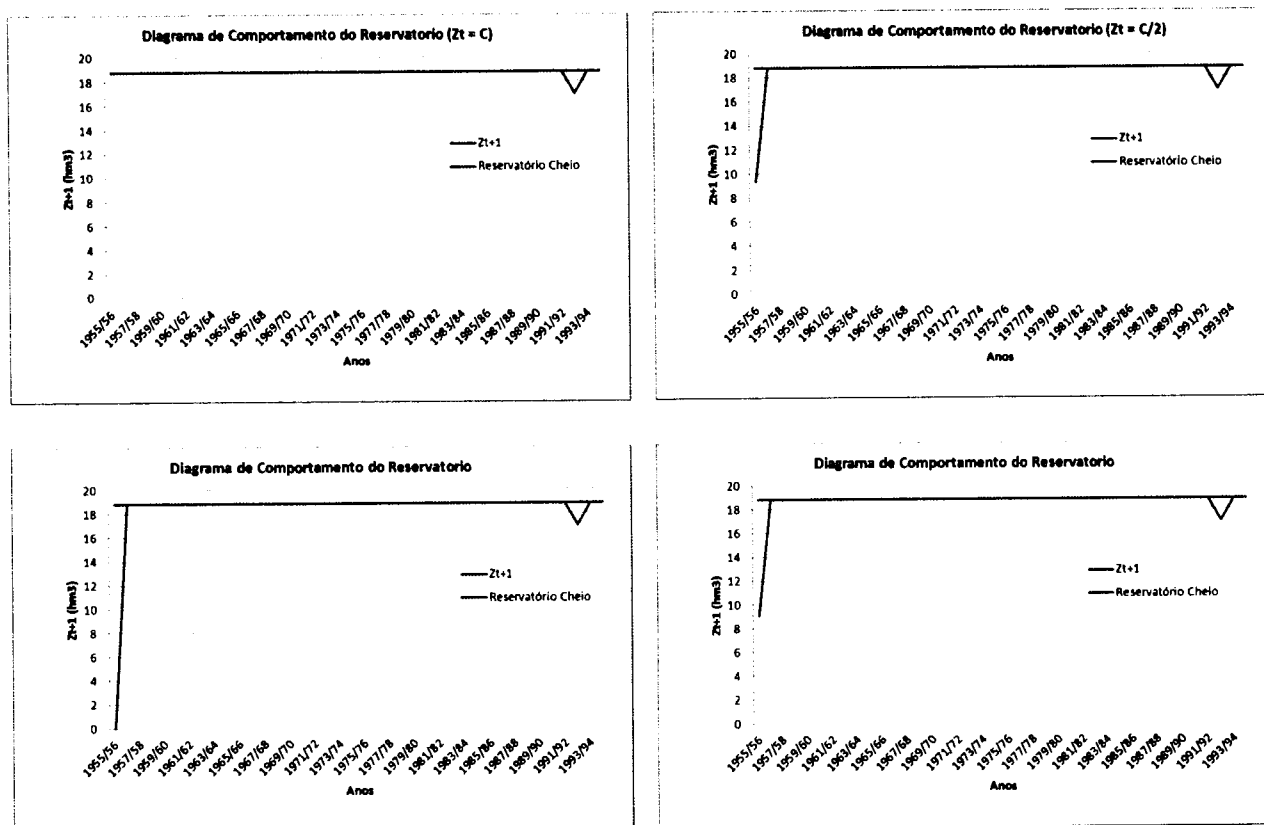


Figura 8.5 - Diagrama de comportamento do reservatório da Póvoa para cada uma das 4 condições iniciais.

No caso da albufeira da Póvoa, a análise, quer dos valores de probabilidade de falha, quer dos valores de garantia de abastecimento, conjuntamente com o diagrama de comportamento do reservatório, dá claras indicações que este responde à pressão das solicitações existentes, pelo que se pode concluir que satisfaz claramente o consumos considerados.

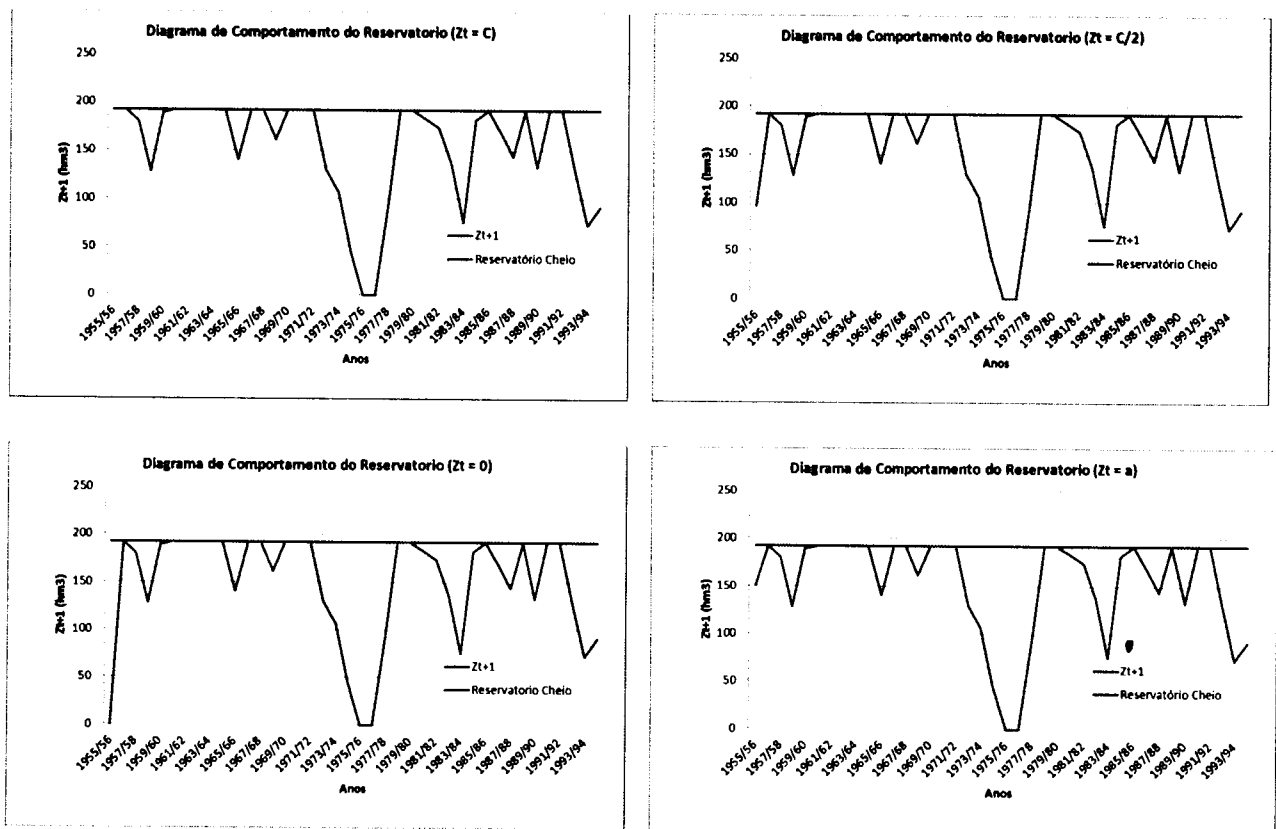
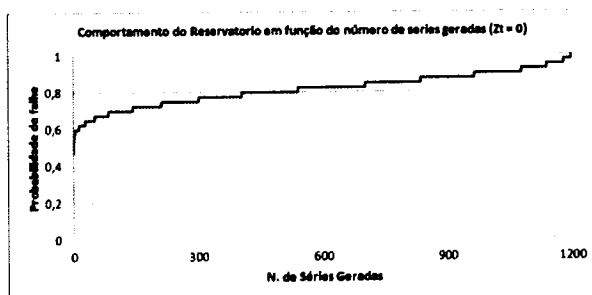
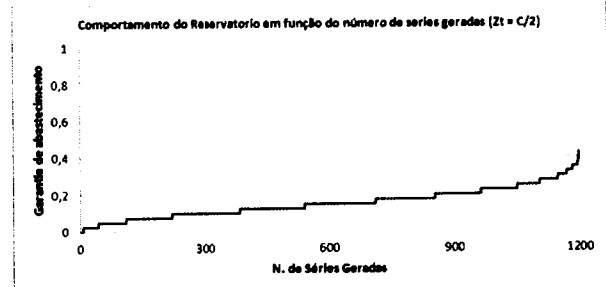
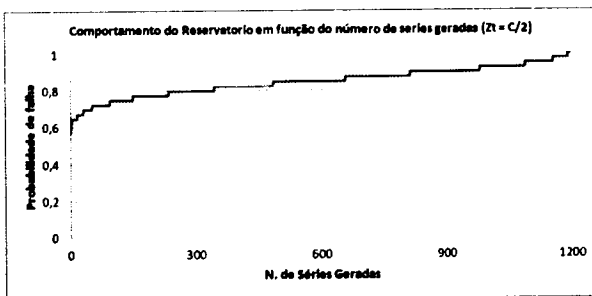
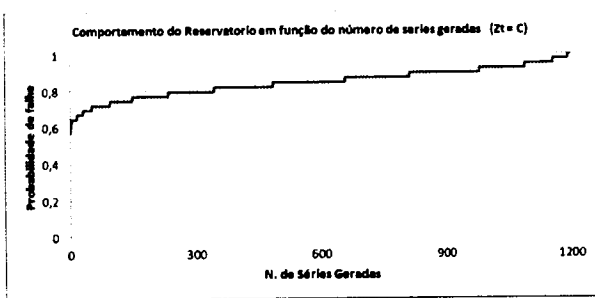


Figura 8.6 - Diagrama de comportamento do reservatório do Caia para cada uma das 4 condições iniciais.

O sistema do Caia, apresenta valores de probabilidade de falha e garantias de abastecimento que, de uma maneira geral, se podem considerar como muito satisfatórios e com um elevado grau de confiança. A análise ao diagrama de comportamento do reservatório, aponta que em todas as condições iniciais consideradas, apenas em dois anos, comparativamente aos 40 anos em análise, é que o reservatório não consegue dar resposta aos consumos solicitados.

8.2.2 - Séries Sintéticas.

As séries históricas de escoamento não ocorrerão exactamente igual no futuro. Deste modo, procedeu-se à análise do comportamento do reservatório com recurso às séries sintéticas que preservam as estatísticas dos dados históricos e possibilitam um maior numero de simulações. Em seguida são apresentados os comportamentos dos reservatórios em função das 1200 séries geradas, para as 3 albufeiras em estudo tendo em conta as 4 condições iniciais.



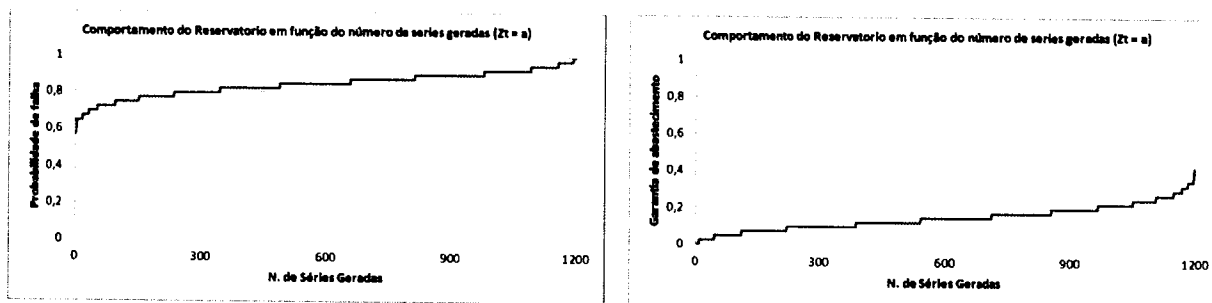
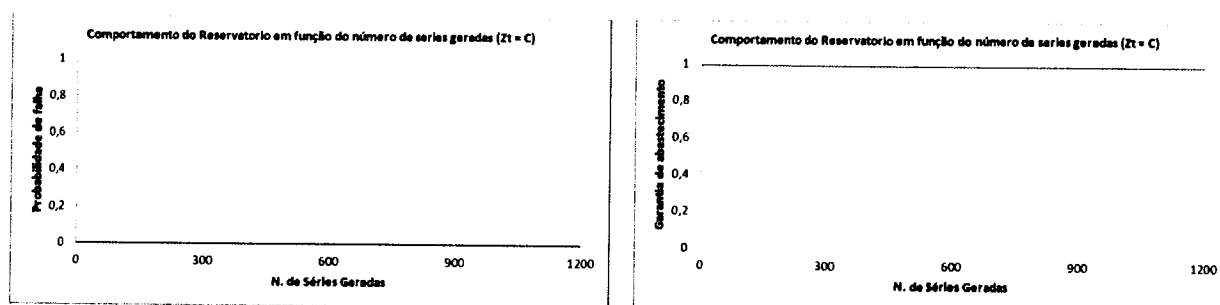


Figura 8.7 - Comportamento do reservatório da Apartadura com recurso as séries sintéticas, para cada uma das 4 condições iniciais.

A análise da figura anterior dá uma vez mais a consciência que a probabilidade de falha do reservatório da Apartadura é muito significativa. Por outras palavras, a probabilidade de falha, em todas as séries, é superior a 0,60 e em 80% das 1200 séries a probabilidade de falha é superior a 0,80. Inversamente, o reservatório apresenta um reduzido nível de a garantia de abastecimento anual. De todas as 1200 séries geradas, a garantia de abastecimento é inferior a 0,40. Em cerca de 80% da totalidade das séries a garantia de abastecimento é inferior a 0,20.



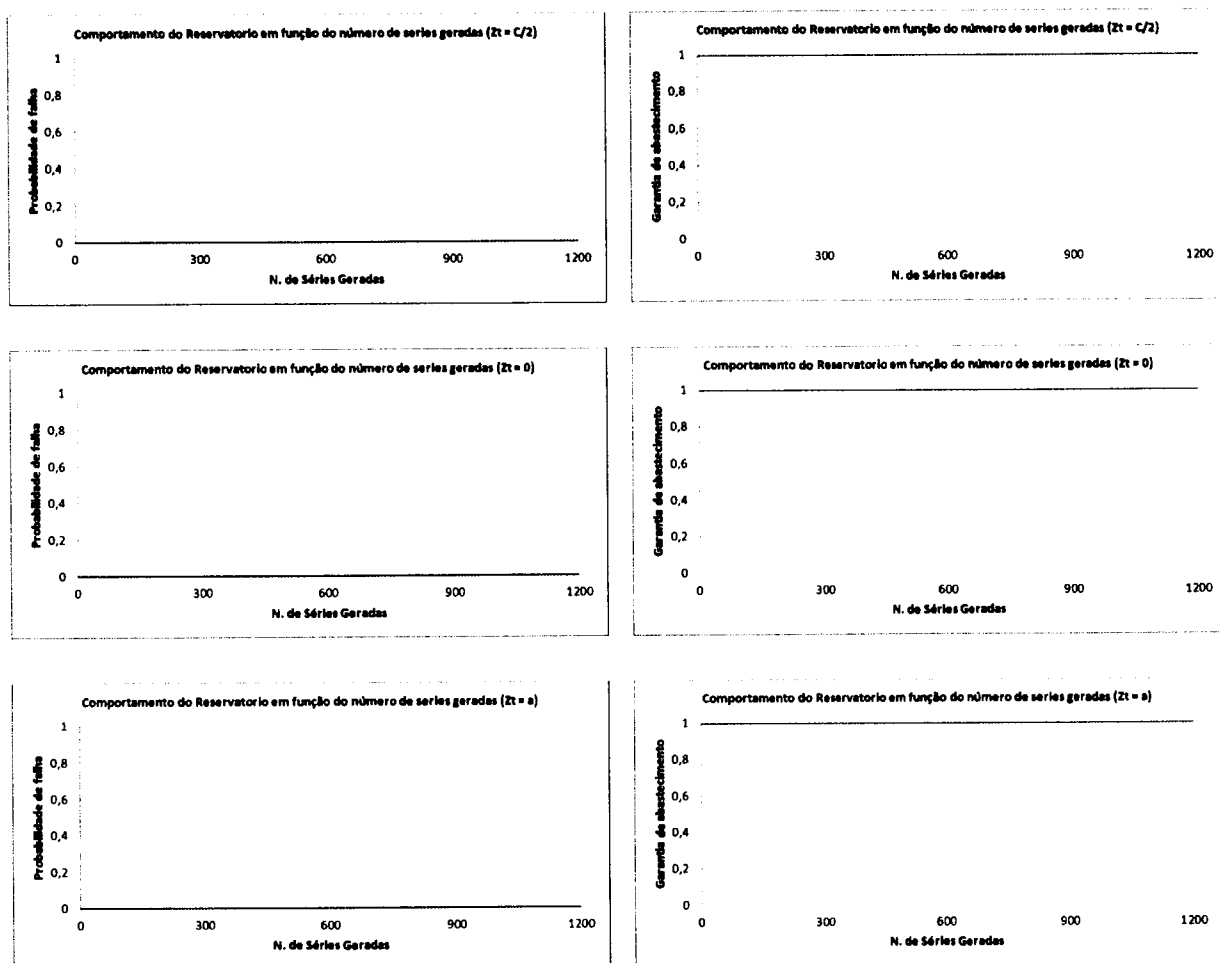


Figura 8.8 - Comportamento do reservatório da Póvoa com recurso as séries sintéticas, para cada uma das 4 condições iniciais.

No caso da albufeira da Póvoa, a análise da figura anterior traduz-se num confirmar da ausência de probabilidade de falha do reservatório e inversamente, o reservatório apresenta um nível total de garantir de abastecimento anual.

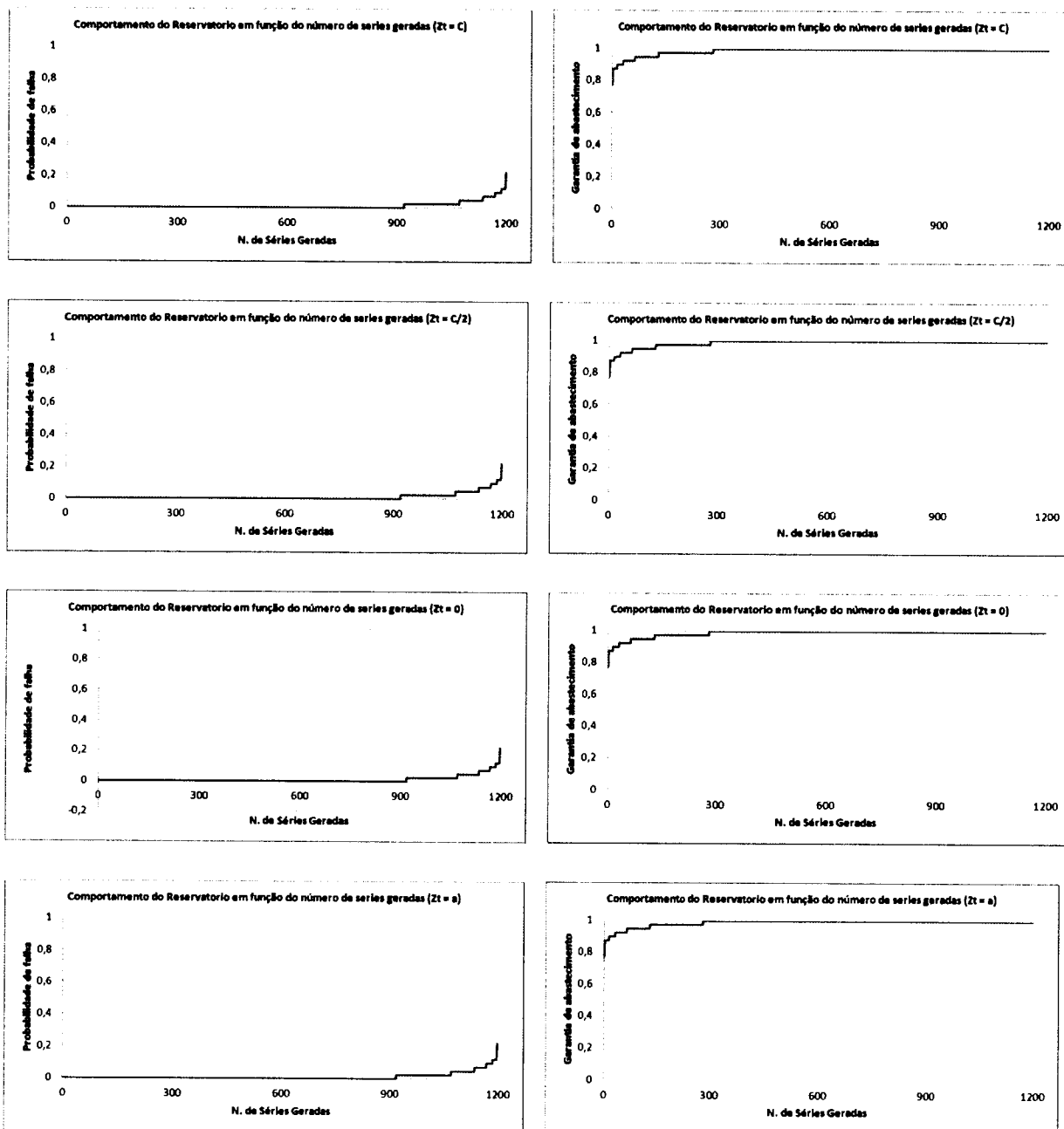


Figura 8.9 - Comportamento do reservatório do Caia com recurso as séries sintéticas, para cada uma das 4 condições iniciais.

Relativamente ao sistema do Caia, há uma probabilidade, embora que reduzida, do reservatório falhar para fazer face as diversas solicitações de

consumo. A percentagem de acontecer, no máximo, rondará os 20% das 1200 séries simuladas e desses 20% a probabilidade de falha é inferior a 0,05.

9 - AVALIAÇÃO DE OUTRAS ORIGENS A CONSIDERAR.

Este capítulo prende-se com a avaliação de outras origens superficiais a considerar, como complemento às origens actuais no sistema de abastecimento público da Águas do Norte Alentejano, S.A.

A origem que se pretende aqui avaliar é a possível albufeira do Pisão cuja bacia drenante corresponde à bacia hidrográfica de Couto de Andreiros, que serviu de base para a determinação do escoamento das albufeiras em estudo nos pontos anteriores.

Na verificação do comportamento deste potencial reservatório, incluindo a o cálculo da probabilidade de falha e garantia de abastecimento, recorrendo à aplicação da expressão (McMahon and Mein, 1986), teve-se em consideração as seguintes premissas:

1. A simulação tem início com o armazenamento no início do período de tempo t Z_t de zero;
2. O volume de afluições a considerar corresponderá à séries de registos existentes, apresentado nos pontos anteriores;
3. O perímetro de rega previsto para esta infra-estrutura ronda os 3.000 hectares, pelo que para efeitos de consumo, o volume a considerar corresponderá a metade do registo associado ao

- perímetro de rega do Caia, cuja área é de 7.377 hectares. Assim, o volume é de 25 hm^3 ;
4. O consumo para abastecimento público, a considerar, em primeiro lugar, será para fazer face às falhas do sistema da Apartadura ($3,65 \text{ hm}^3$), em segundo lugar, para fazer face às falhas ao sistema do Caia ($3,73 \text{ hm}^3$) e, em último lugar, para fazer face às falhas de ambos os sistemas em simultâneo. ($7,38 \text{ hm}^3$);
 5. A evaporação do reservatório no período de tempo t , E_t e as outras perdas L_t correspondem a 15% do total do consumo (rega e abastecimento) D_t .

9.1 - SÉRIES HISTÓRICAS

A série histórica de escoamento da estação hidrométrica de Couto de Andreiros, apresenta falhas de registos no período de 40 anos considerado (Quadro 5.2). Deste modo, recorrendo à Regressão Estatística Escoamento/Precipitação em Couto de Andreiros, determinada anteriormente no capítulo 6.1, procedeu-se ao preenchimento destas falhas, sendo apresentado no quadro 9.1 os valores de precipitação e escoamento preenchidos.

Quadro 9.1 - Precipitação ponderada e escoamento na
bacia de Couto de Andreiros

COUTO DE ANDREIROS			
PERIODO	PRECIPITAÇÃO PONDERADA (mm)	ESCOAMENTO	
		(mm)	(hm ³)
1955/56	1020,22	587,44	143,38
1956/57	549,36	116,11	28,34
1957/58	517,74	84,46	20,61
1958/59	806,13	373,14	91,08
1959/60	984,44	551,63	134,64
1960/61	764,06	331,02	80,79
1961/62	762,97	329,94	80,53
1962/63	969,65	536,82	131,03
1963/64	1036,18	606,33	147,99
1964/65	489,28	171,20	41,79
1965/66	1017,49	845,49	206,37
1966/67	735,22	371,65	90,71
1967/68	570,28	203,82	49,75
1968/69	917,22	566,33	138,23
1969/70	855,87	467,01	113,99
1970/71	658,19	197,52	48,21
1971/72	490,90	190,43	46,48
1972/73	576,67	176,67	43,12
1973/74	530,80	97,53	23,80
1974/75	545,63	134,92	32,93
1975/76	466,51	13,72	3,35
1976/77	834,81	438,37	107,00
1977/78	925,53	568,82	138,84
1978/79	1031,70	512,49	125,09
1979/80	662,02	134,38	32,80
1980/81	662,03	6,36	1,55
1981/82	607,97	118,89	29,02
1982/83	410,36	13,84	3,38
1983/84	883,57	268,11	65,44
1984/85	879,59	375,18	91,57
1985/86	609,40	176,21	43,01
1986/87	581,66	138,78	33,87
1987/88	806,03	312,36	76,24
1988/89	482,71	23,12	5,64
1989/90	767,74	290,28	70,85
1990/91	629,52	182,76	44,61
1991/92	404,33	19,28	4,71
1992/93	549,25	17,67	4,31
1993/94	802,94	369,95	90,30
1994/95	501,90	68,60	16,74

Em seguida, são apresentados as probabilidades de falhas e as garantias de abastecimento da série histórica apresentada no quadro 9.1, calculadas com base nas premissas definidas anteriormente.

Quadro 9.2 - Valores de probabilidade de falha e garantia de abastecimento anual calculados para a albufeira do Pisão para fazer face à rega e ao abastecimento publico.

Apartadura		Caia		Apartadura e Caia	
0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00

O comportamento do reservatório foi também traduzido em gráfico, como se podem verificar nas figuras seguintes.

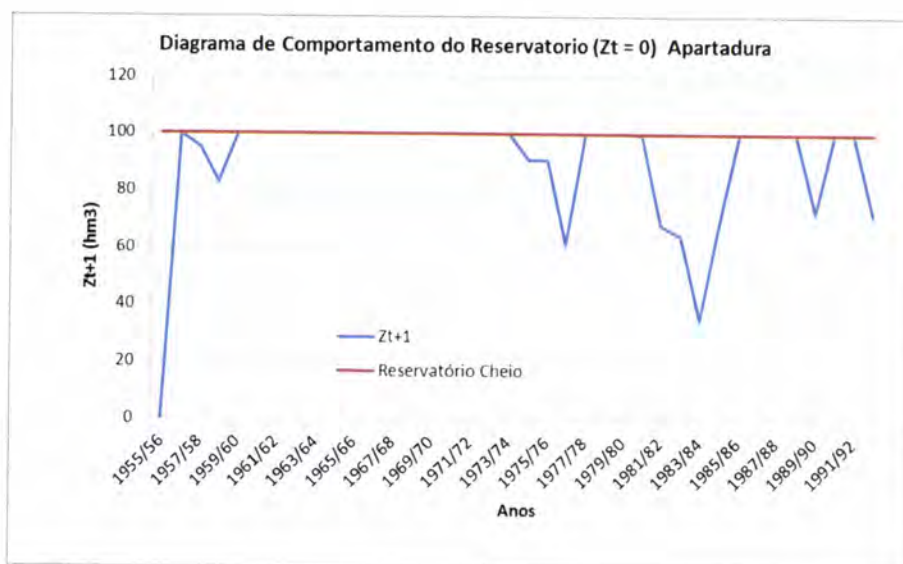


Figura 9.1 - Diagrama de comportamento do reservatório do Pisão para fazer face ao consumo da rega e de abastecimento publico da Apartadura.

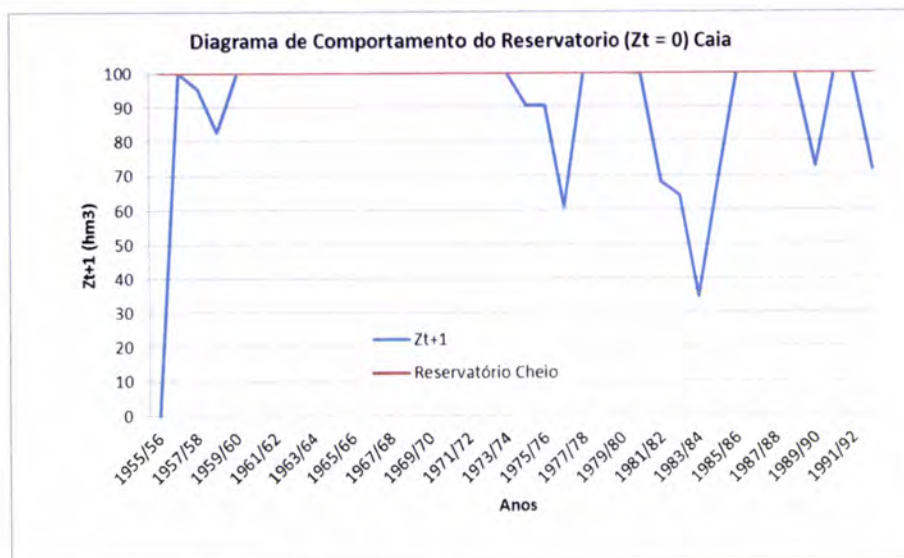


Figura 9.2 - Diagrama de comportamento do reservatório do Pisão para fazer face ao consumo da rega e de abastecimento publico do Caia.



Figura 9.3 - Diagrama de comportamento do reservatório do Pisão para fazer face ao consumo da rega e de abastecimento publico da Apartadura e do Caia.

O comportamento da albufeira do Pisão, quer relativamente aos valores de probabilidade de falha, quer relativamente aos valores de garantia de abastecimento e após análise dos diagrama de comportamento do reservatório, dá, objectivamente, indicações de responder de forma positiva à pressão das solicitações consideradas.

9.2 - SÉRIES SINTÉTICAS

Tal como para a série histórica, também se recorreu as séries sintéticas para verificar o comportamento do reservatório. Assim, adoptou-se a metodologia apresentada no capítulo 8.

9.2.1 Análise estatística da série histórica

No quadro seguinte é apresentada a análise estatística da série histórica de escoamento da estação hidrométrica de Couto de Andreiros.

Quadro 9.3 - Análise estatística da série histórica de Couto de Andreiros

	Couto de Andreiros
Média	67,05
Variância	2586,95
Desvio Padrão	50,86
Coef. de Variação	0,64
Coef. de Assimetria	0,33
Coef. de auto correlação	1,00

9.2.2 Tendência e Outras Alterações Determinísticas

Em seguida, são apresentados os resultados do teste de Mann-Kendall e do teste de Mann-Whitney à série histórica de Couto de Andreiros, para verificar se é uma série independente e estacionária.

Quadro 9.4 - Resultados do teste de Mann-Kendall

	Couto de Andreiros
S	-232
$Var[S]$	7366,67
Z_{MK}	-2,69139
α	5%
$ Z_{MK} $	1,96

Da análise do quadro anterior, pode concluir-se que ao nível de significância de 5% não se rejeita a hipótese de não existir tendência nas séries de escoamento anuais.

Quadro 9.5 - Resultados do teste de Mann-Whitney

	Couto de Andreiros
Z_{MW}	2,27
α	5%
$ Z_{MW} $	1,96

Em relação ao quadro anterior, nada se pode concluir quando a alterações determinísticas da série de escoamento anual de Couto de Andreiros, ao nível de

significância de 5%. Contudo, será verificada a estrutura correlacional desta série histórica e, caso seja confirmada a sua independência proceder-se-á a geração das séries sintéticas.

9.2.3 - Estrutural Correlacional

Os resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento de Couto de Andreiros é apresentado no quadro seguinte.

Quadro 9.6 - Resultados da análise da estrutura correlacional da série de escoamento de Couto de Andreiros.

k	r_k	Intervalo de Confiança	
		Limite inferior	Limite superior
0	1	0,269377	-0,31483
1	0,2292	0,269377	-0,31483
2	0,054185	0,269377	-0,31483
3	0,23138	0,269377	-0,31483
4	0,086504	0,269377	-0,31483
5	-0,07035	0,269377	-0,31483
6	0,218749	0,269377	-0,31483
7	0,154567	0,269377	-0,31483
8	0,099664	0,269377	-0,31483
9	0,091357	0,269377	-0,31483
10	0,165056	0,269377	-0,31483
11	0,069662	0,269377	-0,31483
12	-0,01454	0,269377	-0,31483
13	0,13862	0,269377	-0,31483
14	-0,01808	0,269377	-0,31483

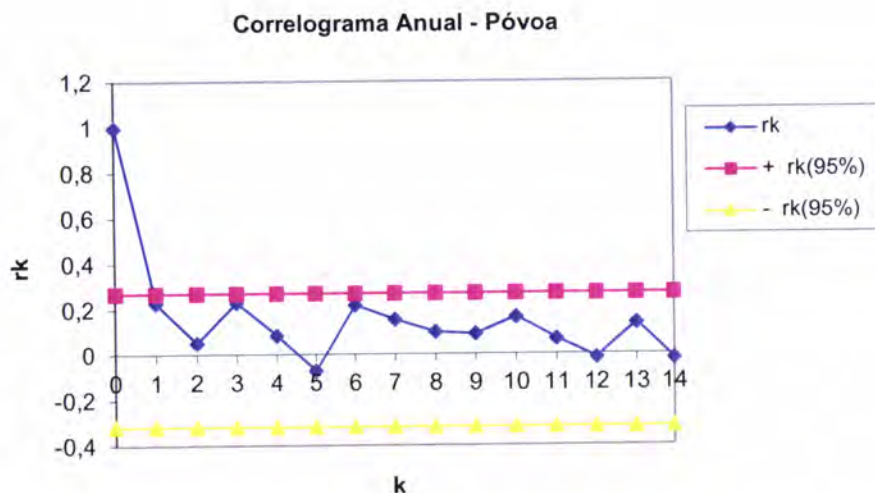


Figura 9.4 - Correlograma da série de escoamentos anuais de Couto de Andreiros

Da análise do quadro 9.6 e respectivos correlogramas (Figura 9.4), pode concluir-se que a série de escoamento anuais é independente.

9.2.4 - Avaliação da qualidade das séries geradas

Tal como no capítulo 8, foram experimentados os vários esquemas geradores anteriormente descritos e entre eles será escolhido aquele que permita a reprodução satisfatória das estatísticas históricas.

Os quadros seguintes apresentam os resultados obtidos para cada um dos métodos para a estação de Couto de Andreiros.

Quadro 9.7 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Normal

Normal		Média	Des. padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		67,0519	50,862	0,6709	0,2292
Série Gerada	Média	69,5072	46,9337	0,3371	-0,0386
	Des. padrão	7,4495	4,776	0,2989	0,1546
	Erro absoluto	2,4553	3,9283	0,3338	0,2678
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 9.8 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros

Log-Normal 2 parâmetros		Média	Des.padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		67,0519	50,862	0,6709	0,2292
Série Gerada	Média	88,6417	134,6223	2,8937	-0,0322
	Des. padrão	24,2037	75,3332	1,1073	0,1342
	Erro absoluto	21,5898	83,7603	2,2228	0,2614
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	NÃO	No intervalo

Quadro 9.9 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a dois parâmetros com a transformação de Wilson-Hilferty

Log-Normal 2 par. WH		Média	Des.padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		67,0519	50,862	0,6709	0,2292
Série Gerada	Média	70,2142	60,6116	1,1141	-0,0369
	Des. padrão	9,67	8,4397	0,3635	0,1529
	Erro absoluto	3,1623	9,7496	0,4432	0,2661
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 9.10 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Log-Normal a três parâmetros

Log-Normal 3 parâmetros		Média	Des.padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		67,0519	50,862	0,6709	0,2292
Série Gerada	Média	68,3225	48,3847	0,6977	-0,0377
	Des. padrão	7,7046	6,2999	0,4069	0,1536
	Erro absoluto	1,2706	2,4773	0,0268	0,2669
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Quadro 9.11 - Comparação das estatísticas históricas dos escoamentos anuais em Couto de Andreiros e das séries geradas pela distribuição Gama

Gama		Média	Des.padrão	Assimetria	Autocorrelação
Série Histórica		67,0519	50,862	0,6709	0,2292
Série Gerada	Média	68,3129	49,3215	0,7119	-0,0377
	Des. padrão	7,8525	6,3733	0,3983	0,1536
	Erro absoluto	1,261	1,5405	0,041	0,2669
	Conclusão	No intervalo	No intervalo	No intervalo	No intervalo

Da análise dos resultados obtidos para Couto de Andreiros pode dizer-se que:

- o método baseado na distribuição de Log Normal a 2 parâmetros, é o único método que origina séries sintéticas que não preservam as estatísticas históricas;
- a média da série histórica, é melhor preservada pelo método da distribuição Gama, comparativamente aos restantes métodos, uma vez que apresenta o menor valor de erro.

- o desvio padrão da série histórica é melhor preservado pelo método da distribuição Gama, uma vez que apresenta o menor valor de erro;
- o coeficiente de assimetria, é melhor preservado pelo método da distribuição Log-Normal a 3 parâmetros, uma vez que apresenta o menor valor de erro.

Apesar do anteriormente descrito, não se pode concluir qual dos 4 métodos é mais favorável, pelo que uma vez mais, a escolha baseou-se na comparação dos registos de valores nulos na série histórica (0 em 40) com os valores obtidos nas séries geradas. Os valores nulos obtidos nas séries geradas são apresentados no quadro seguinte.

Quadro 9.12 - Número de valores nulos obtidos na séries geradas.

Normal	Log-Normal a 2 parâmetros com a transformação de Wilson Hilferty	Log-Normal a 3 parâmetros	Gama
4619	0	3311	3499

Com base no critério referido anteriormente e na análise do quadro 9.12, o método mais favorável corresponde ao método baseado na distribuição Log-Normal a 2 parâmetros com transformação de Wilson-Hilferty que em 1200 séries geradas, é o único que não registou qualquer valor nulo, tal como a série histórica.

Em seguida são apresentados os comportamentos dos reservatórios em função das 1200 séries geradas, tendo em contas as premissas definidas no início do capítulo, para fazer face às falhas da Apartadura, às falhas do Caia e às falhas de ambos os sistemas.

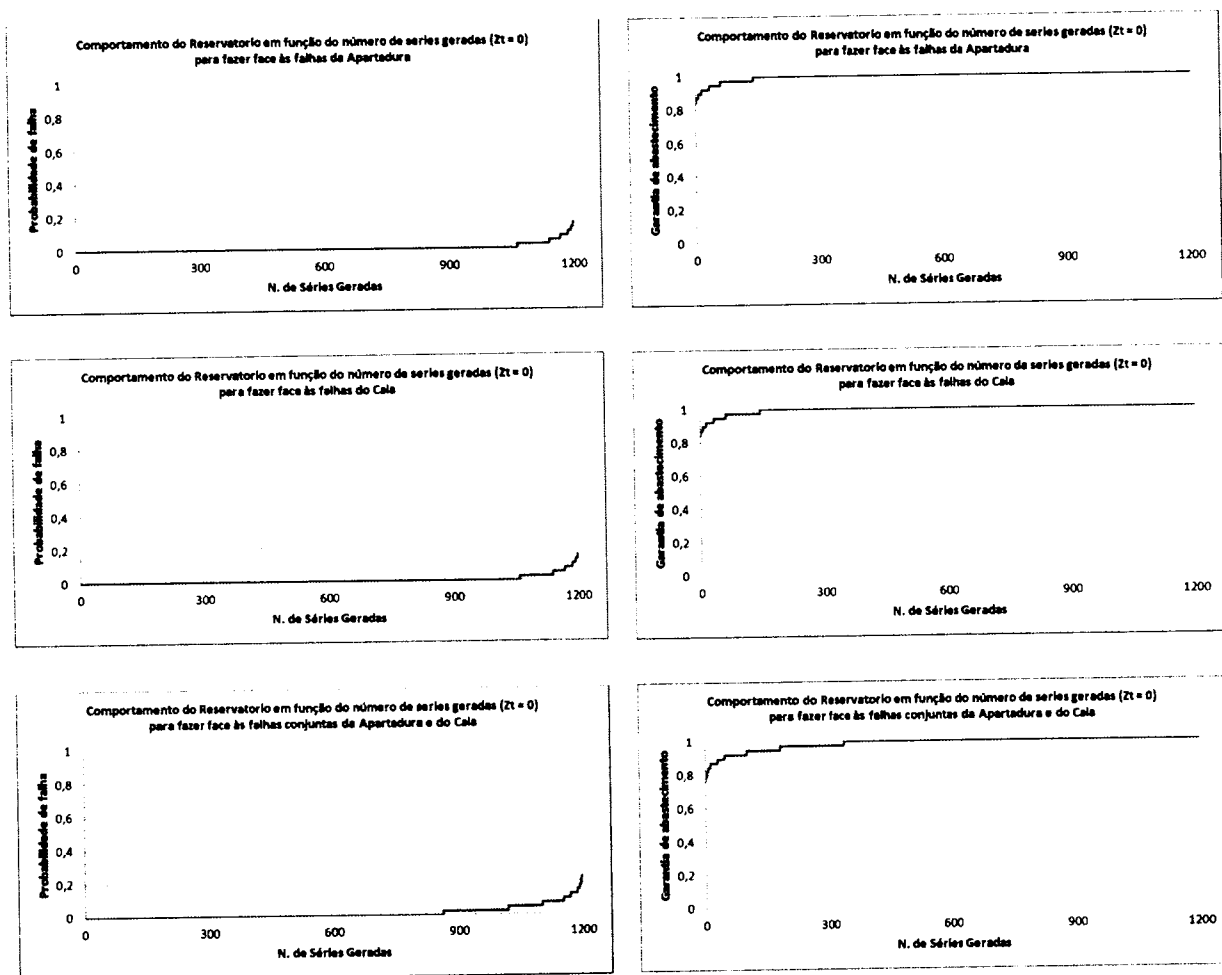


Figura 9.5 - Comportamento do reservatório de Couto de Andreiros com recurso as séries sintéticas, para fazer face às falhas da Apartadura, do Caia e de ambos os sistemas.

De uma maneira geral, o sistema de Couto de Andreiros, apresenta uma probabilidade, embora que reduzida, do reservatório falhar para fazer face as diversas solicitações de consumo.

Para fazer face às falhas da Apartadura e do Caia, isoladamente, a percentagem do reservatório de Couto de Andreiros falhar, rondará os 12% das 1200 séries e desses 12% a probabilidade de falha é inferior a 0,15.

Para fazer face às falhas da Apartadura e do Caia simultaneamente, a percentagem do reservatório de Couto de Andreiros falhar, rondará os 25% das 1200 séries e desses 25% a probabilidade de falha é de 0,20.

10 - CONCLUSÃO

10.1 - RESUMO E CONCLUSÕES

A elaboração do presente documento, permitiu concluir sobre alguns aspectos que são enumerados em seguida:

1. Em termos biofísicos, geologicamente as bacias da Apartadura e Póvoa, enquadram-se na Zona Centro Ibérica que litologicamente compreende granitos, xistos, arenitos, calcários e quartzitos. A bacia do Caia enquadra-se essencialmente na Zona de Ossa Morena, que em termos litológicos compreende granitos de duas micas, gabros e dioritos. O tipo de solo, na sua generalidade, compreende litossolos, os cambiosolos e os luvisolos e apresenta uma predominância na sua utilização em sistemas agro-florestais;
2. Quanto à caracterização fisiográfica, as bacias hidrográficas em estudo, de uma maneira geral, são alongadas, com baixa probabilidade de ocorrência de cheias, com uma densidade de drenagem média e a sua linha de água principal, comparativamente à dimensão da bacia, é relativamente longa. O relevo das bacias é levemente ondulado e, situa-se na ordem dos 160 metros de altitude;
3. Relativamente à precipitação, em cada uma das bacias, várias estações contribuíram para a ponderação do cálculo, tendo sido alcançados valores

médios ponderados, pelo método das isoeitas, de 756,86 mm/ano para a Apartadura, 784,68 mm/ano para a Póvoa e 589,41 mm/ano para o Caia;

4. No cálculo do escoamento nas bacias em estudo, houve necessidade de recorrer a uma outra bacia com características semelhantes e estabelecer uma regressão linear, cujo valor de correlação obtido foi de 0,894;
5. Os consumos associados a cada um dos sistemas de abastecimento foram identificados e quantificados (valores anuais), nomeadamente:
 - na Apartadura existe rega (0,60 hm³) e abastecimento público (3,65 hm³);
 - na Póvoa existe produção de energia eléctrica (0,60 hm³) e abastecimento público (4,25 hm³);
 - no Caia existe rega (50,00 hm³) e abastecimento público (3,73 hm³)
6. Em relação à geração de séries sintéticas de escoamento, verificou-se que as séries históricas, não apresentam tendência nem outras alterações determinísticas, tendo-se para tal, recorrido ao Teste de Mann-Kendall e ao Teste de Mann-Whitney. Posteriormente, confirmou-se a independência das séries de escoamento anuais com recurso a um

correlograma. Em seguida, geraram-se 1200 séries sintéticas de escoamento, recorrendo a métodos baseados em distribuições estatísticas mais comuns e, optou-se pela distribuição que melhor preservava os dados estatísticas das séries históricas. No caso da Apartadura, foi a distribuição Log-Normal a 3 parâmetros, enquanto que no caso da Póvoa, a opção foi a distribuição Log-Normal a 2 parâmetros com transformação de Wilson-Hilferty e, por último, no caso do Caia, a escolha recaiu na distribuição Normal;

7. Foram determinadas a probabilidade de falha e a garantia de abastecimento e verificou-se o comportamento dos reservatórios dos 3 sistemas em estudo, partindo de 4 condições iniciais, nomeadamente, cheio, meio, vazio e o registo do volume armazenado no início do ano hidrológico de 2010. O sistema da Apartadura tem uma enorme dificuldade em disponibilizar os volumes solicitados pelo consumos. O sistema da Póvoa, não apresenta qualquer dificuldade, satisfazendo plenamente os consumos. O sistema do Caia apresenta valores baixos de probabilidade de falha muito baixos, mas demonstra que há o risco, embora reduzido de não conseguir satisfazer os consumos;
8. A avaliação de outras origens subterrâneas, recaiu sobre o empreendimento do Pisão no concelho do Crato, tendo-se analisado a

possibilidade deste eventual sistema, fazer face às falhas do sistema da Apartadura, do sistema do Caia e de ambos. Nesta etapa pode constatar-se que, objectivamente, o reservatório responde de forma positiva à pressão das solicitações consideradas.

10.2 - RECOMENDAÇÕES

Pretende-se que o presente trabalho seja uma ferramenta de apoio à decisão, apesar da exploração das albufeiras em estudo não se encontrar sob a responsabilidade da Águas do Norte Alentejano, S.A.. Relativamente aos resultados obtidos, importa aqui destacar algumas das situações menos confortáveis para a gestão do sistema multimunicipal e tecer alguns comentários sobre a melhor forma de gerir este recurso.

10.2.1 - Sistema da Apartadura.

Actualmente, este sistema tem como principais origens de abastecimento público de água a albufeira da Apartadura (origem superficial) e o aquífero do Escusa (origem subterrânea).

Face às pressões do consumo evidenciadas nos pontos anteriores deste documento, a albufeira da Apartadura por si só, como origem única de abastecimento, apresenta uma probabilidade de falha muito elevada. Esta

probabilidade de falha, traduz-se num enorme risco, caso se considere a hipótese da totalidade do abastecimento ser dependente da origem exclusivamente superficial.

Como recomendação para este sistema de abastecimento e que deverá ser considerada o mais rapidamente possível, numa primeira fase, passa por uma monitorização, quer do volume disponível na albufeira, quer do volume a considerar para a rega e abastecimento público, quer ainda o volume existente na origem subterrânea. Deste modo, num estágio inicial poder-se-ia avaliar a evolução da situação, otimizar o funcionamento das origens e contornar a eventual falha no abastecimento.

Numa segunda fase, a opção passa eventualmente, por aumentar a capacidade de produção da origem subterrânea, de maneira que possa em exclusivo, dar resposta a totalidade das solicitações, ou então, em alternativa, equacionar outras origens superficiais e sua interligação ao sistema existente.

Uma outra recomendação, mas de carácter mais pontual será a realização de uma intervenção de fundo na origem de água subterrânea, para aumentar a fiabilidade do sistema. Contudo esta intervenção deverá ser conjugada com um ano onde os registos de precipitação sejam elevados.

Por último, não como recomendação mas, como advertência, fica a mensagem que o sistema de abastecimento de água não pode ser exclusivamente de origem superficial.

10.2.2 - Sistema da Póvoa.

O sistema da Póvoa actualmente apenas compreende uma origem de água superficial. No entanto, como se verificou nos pontos anteriores, a disponibilidade existente no reservatório, satisfaz plenamente a pressão que os consumos considerados exercem. Assim, para este sistema não há quaisquer recomendações que se possam realizar.

10.2.3 - Sistema do Caia

Este sistema, dos 3 sistemas em estudo, é o que apresenta uma maior volume disponível no reservatório. Contudo, também é dos 3 sistemas aquele que apresenta o maior valor de consumo, nomeadamente na utilização de água para regadio. Actualmente apenas compreende uma origem de água e, como se pode verificar nos pontos anteriores há uma probabilidade, apesar de relativamente baixa, do reservatório não conseguir disponibilizar o volume de água exigido pelos consumos considerados. Perante tal situação, a recomendação passa, por adoptar uma monitorização do volume de água existente no reservatório e um controlo do

volume de água a disponibilizar para o regadio, de modo que num estado embrionário se consiga detectar uma potencial rotura do stock do reservatório.

Tal como na Apartadura, mas não num modo tão premente, numa segunda fase, deverá ser equacionada uma outra origem, superficial ou subterrânea, e a sua interligação ao sistema existente.

BIBLIOGRAFIA

- ARSÉNIO, J. (2003) - "*Gestão de Albufeiras - Avaliação do potencial dos sistemas com recurso a séries sintéticas de escoamento*". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Hidraulica e Recursos Hidricos, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, 196p.
- CHACÓN, J., OLIVEIRA V., RIBEIRO, A., e OLIVEIRA, J. (1983) - "*La estructura de la zona de Ossa Morena.*" Libro Jubilar J. M. Rios, Inst. Geol. Min. De España, Madrid, tomo I, pp. 490-5101.
- CHAMBEL, A. (1989) - "*Prospecção e exploração de águas subterrâneas em rochas fissuradas*". Dissertação apresentada nas provas de aptidão científica na Universidade de Évora, Universidade de Évora , Évora, 173p.
- CHAMBEL, A. (1990) - "*Hidrogeologia da região de Évora*". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa 126p.
- COSTA, T., e LANÇA, R., (2001) - "*Hidrologia de superfície*" Sebenta da disciplina de hidráulica aplicada, Universidade do Algarve, Faro, 79p.

- CUPETO, C. (1991) - "Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do maciço calcário de Estremoz (Cano-Sousel)". Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, Lisboa, 171p.
- FERREIRA, H., (1950) - "*O clima de Portugal.*" Fascículo VI, Estremadura, Ribatejo e Alto-Alentejo. Serviço Meteorológico Nacional, Lisboa.
- GONÇALVES, F. (1971) - "*Subsídios para o Conhecimento Geológico do Nordeste Alentejano*" Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de Doutor de Geologia, Lisboa.
- GONÇALVES, D., (1977) - "*Cadeira de Climatologia.*", Instituto Politécnico de Vila Real, Vila Real.
- GUIMARAES, R. (2005) - "*Simulação no dimensionamento e gestão de sistemas de recursos hídricos. Geração de séries sintéticas de escoamento*" - Tese apresentada à Universidade de Évora para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia dos recursos Hídricos, Évora
- HERAS, R.(1976) - "*Hidrologia y recursos hidraulicos.*" Dirección General de Obras Hidráulicas", Madrid, n.º 120, tomo I, 839 p.
- INSTITUTO DA ÁGUA (INAG). Plano de bacia hidrográfica do Tejo e Plano de bacia hidrográfica do Guadiana. Acedido em <http://www.inag.pt>

- McMAHON, T.A., MEIN, R.G., (1986) - "*River and reservoir yield.*", Water Resource Publications, Colorado, USA, 368 p
- LENCASTRE, A. e FRANCO, F, (1992) - "*Lições de Hidrologia*" Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 451 p.
- PEIXOTO, J. (1989) - "*A água no ambiente*" Secretária de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, Gráfica Europam, Mem-Martins, 173p.
- QUINTELA, A.C. (1982) - "*Hidraulica Aplicada - Parte I, Hidrologia e Recursos Hidricos*" Instituto Superior Técnico, Lisboa
- RIBEIRO, P. (1996) - "*Dimensionamento do volume útil de albufeiras*". Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 156p.
- SÁ MARQUES e SOUSA, J.O. (2006) "*Hidráulica Urbana*". Sistema de abastecimento de água. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- SANTOS, E., (1986) - "*Transferência de Informação. - Recursos Hídricos*". Revista Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa, Vol. 7 n.º 2, pp. 3-20.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HIDRICOS

(SNRIH). Boletins de recursos hídricos - Armazenamento de água superficiais, Escoamento, Precipitação. Acedido em <http://snirh.pt/>

TEIXEIRA, C. e GONÇALVES, F. (1980) - *"Introdução à Geologia de Portugal."* Instituto Nacional de Investigação de Lisboa, Lisboa, 410 p.

VILLELA, S. e MATTOS, A. - *"Hidrologia Aplicada"* McGraw-Hill, Brasil
1978

OUTROS ELEMENTOS DE CONSULTA

ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO, S.A., (2001) "Estudo Prévio do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais do Norte Alentejano". Hidroprojecto, Lisboa.

Carta Militar de Portugal à escala 1/25000. Serviços Cartográficos do Exército

Nº 314 / 315 / 323 / 324 / 325 / 333 / 334 / 335 / 336 / 345 / 346 / 347 / 348 / 357 / 358 / 359 / 360 / 369 / 370 / 371 / 372 / 373 / 382 / 383 / 384 / 385 / 386 / 387 / 396 / 397 / 398 / 399 / 400 / 401 / 413 / 414.

Documentação técnica da Águas de Portugal - Elementos de base para dimensionamento de infra-estruturas, Janeiro de 2002

Manual da Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (1984) - "*Curso Internacional de Hidrologia Operativa.*" Vol. II.

ANEXOS

ANEXO 1

Quadro 1.1 - Registos de precipitação das estações escolhidas

PERIODO	ALTER DO CHÃO	ARRONCHES	BARRAGEM DO CAIA	CABEÇO DE VIDE	CASTELO DE VIDE	CENTRAL DA BRUCEIRA	COMENDA	FRONTEIRA
1955/56	640,2	962,8		1027,4	1232,0	1156,4		949,8
1956/57	345,0	597,6		533,9	576,8	551,3	645,4	494,0
1957/58	188,3	565,5		512,0	568,2	571,4	648,8	517,5
1958/59	456,4	750,2		780,0	910,6	828,4	935,0	705,4
1959/60	536,6	748,9		970,6	1290,8	1199,7	1214,4	808,4
1960/61	549,8	619,6		806,9	893,7	881,2	903,5	605,0
1961/62	716,3	722,2		782,4	854,9	949,0	875,8	627,4
1962/63	880,9	904,6		949,2	1089,0	1143,3	1403,8	841,2
1963/64	890,9	964,3		1037,3	1075,5	1150,7	1039,7	675,8
1964/65	518,5	537,1	340,0	368,9	526,1	560,9	514,8	418,6
1965/66	973,8	933,3	649,0	853,4	1214,4	1198,6	1068,0	869,1
1966/67	791,8	676,9	512,7	638,6	819,9	815,9	647,9	
1967/68	477,5	494,1	437,1	455,1	712,6	629,2	661,2	489,6
1968/69	844,6	858,9	648,6	791,3	1086,3	1006,1	1029,9	753,7
1969/70	865,3	776,2	679,9	736,2	997,5	836,2	882,3	687,7
1970/71	570,5	583,3	426,7	613,3	750,2	751,9	757,6	351,2
1971/72	436,8	400,1	360,9	427,6	623,3	657,9	702,4	428,6
1972/73	629,1	486,5	441,7	589,3	649,3	611,0	795,4	450,0
1973/74	526,9	406,6	345,4	497,1	644,2	591,4	782,6	429,7
1974/75	551,4	436,8	372,0	568,5	588,8	578,4	649,4	487,1
1975/76	505,1	412,9	486,6	450,7	557,1	413,0	650,2	503,8
1976/77	843,5	659,4	582,2	732,1	1022,0	830,5	918,9	662,4
1977/78	932,9	752,1	619,0	915,0	1095,4	923,1	1072,4	757,5
1978/79	907,6	822,1	632,9	883,0	1307,8	1090,9	1100,3	766,5
1979/80	623,1	549,3	443,5	628,9	770,4	492,6	686,1	491,2
1980/81	426,9	332,5	310,4	403,1	458,0	155,5	449,9	310,3
1981/82	652,5	469,3	390,7	623,1	712,5		731,0	535,8
1982/83	438,7	315,6	296,7	318,4	562,3		463,7	258,8
1983/84	832,6	703,5	688,1	817,9	1029,3		906,3	693,9
1984/85	933,2	678,5	596,0	706,5	1128,9		1000,2	672,3
1985/86	519,9	508,7	441,6	508,9	729,2		797,9	432,7
1986/87	529,8	532,3	481,5	474,2	695,2		737,7	440,7
1987/88	842,2	684,9	562,3	618,9	1030,8		1018,8	696,4
1988/89	514,1	402,7	435,3	416,1	588,9		659,6	380,1
1989/90	779,6	633,5	766,8	761,7	868,2		943,1	699,0
1990/91	611,8	545,6	488,1	529,3	758,9		762,0	542,0
1991/92	375,2	411,4	401,5	378,8			556,9	409,2
1992/93	490,7	484,4	349,2	473,1	671,5		693,4	428,8
1993/94	707,5	599,7	411,9	682,6	1088,8		901,2	512,7
1994/95	440,1	328,4	292,2	481,3	687,5		607,6	283,7

Quadro 1.1 - Registos de precipitação das estações escolhidas (cont.)

PERIODO	JUROMENHA	MONFORTE	NISA	PÓVOA E MEADAS	SANTA EULÁLIA	SANTO ALEIXO (SORRAIA)	VALE DO PESO	VILA VIÇOSA
1955/56	929,3	829,0	1059,1	1100,0	640,1	945,1	1071,2	1253,8
1956/57	465,9	524,9	462,2	485,0	413,4	457,4	612,6	927,6
1957/58	529,6	431,7	375,0	609,2	230,6	406,9	691,2	1052,1
1958/59	753,0	664,5	599,6	904,0	338,9	636,9	1001,6	954,1
1959/60	845,6	780,3	907,2	1006,5	412,8	787,5	1073,7	948,2
1960/61	684,3	619,2	827,3	827,2	627,0	625,9	890,4	941,4
1961/62	734,0	617,4	790,6	788,5	743,7	685,7	776,2	1054,8
1962/63	819,2	880,9	980,0	966,2	750,7	905,4	1048,8	814,8
1963/64	787,0	822,7	1007,5	971,0	672,5	823,9	1081,8	987,2
1964/65	421,2	469,5	503,1	452,6	353,2	473,5	505,3	434,9
1965/66	789,5	854,5	979,0	926,6	783,8	843,7	1110,7	1165,0
1966/67	339,2	523,8	601,1	654,4	435,5	641,9	811,6	615,8
1967/68	565,2	463,6	546,9	588,9	429,3	529,9	636,9	596,8
1968/69	726,5	832,6	910,4	857,5	751,8	966,4	1008,3	1463,8
1969/70	730,5	697,7	791,6	851,2	718,2	721,4	907,5	727,9
1970/71	502,4	555,2	625,8	642,4	583,2	581,1	687,7	601,3
1971/72	366,4	423,9	552,2	675,6	453,1	527,6	644,3	620,2
1972/73	499,4	503,2	547,5	605,9	476,7	578,3	581,1	652,8
1973/74	374,2	401,1	476,7	522,5	333,0	413,3	635,8	574,7
1974/75	353,1	451,2	574,7	545,8	315,1	380,1	590,0	536,2
1975/76	465,2	459,5	440,4	507,7	454,5	548,0	480,5	590,9
1976/77	566,4	669,8	827,7	777,0	719,1	690,3	932,1	861,3
1977/78	690,5	699,4	884,3	967,2	680,2	793,3	968,4	950,7
1978/79	683,6	753,3	1007,1	1081,4	667,5	776,5	1191,4	1006,8
1979/80	508,9	492,4	626,4	632,2	428,9	522,4	704,3	685,3
1980/81	367,3	315,8	348,1	440,5	277,6	357,3	415,2	437,4
1981/82	367,7	373,3	648,6	619,5	443,7	507,3	693,5	620,4
1982/83	294,3	324,2	461,5	487,0	324,5	309,7	412,0	401,2
1983/84	590,3	689,4	830,4	781,3	671,9	634,4	988,9	804,2
1984/85	643,0	619,8	832,7	907,5	634,7	658,3	1025,1	874,5
1985/86	443,3	531,8	732,4	659,7	422,1	406,3	754,9	597,9
1986/87	407,5	439,3	636,9	660,2	414,5	393,7	708,6	583,1
1987/88	577,1	543,3	922,0	940,2	564,0	538,4	1009,9	814,6
1988/89	486,9	429,6	635,9	516,8	456,4	400,1	551,6	586,4
1989/90	906,3	639,0	893,9	857,2	697,3	638,0	891,3	905,7
1990/91	490,4	591,4	709,2	574,7	532,4	509,2	699,6	689,1
1991/92	324,0	319,3	455,5	529,3	363,6	337,9	488,3	492,2
1992/93	321,0	440,4	518,1	475,1	348,2	359,4	596,8	549,5
1993/94	298,1		766,1	678,3	445,3	455,1	845,6	715,4
1994/95	239,6	286,6	518,3	409,5	236,6	278,2	508,4	370,0

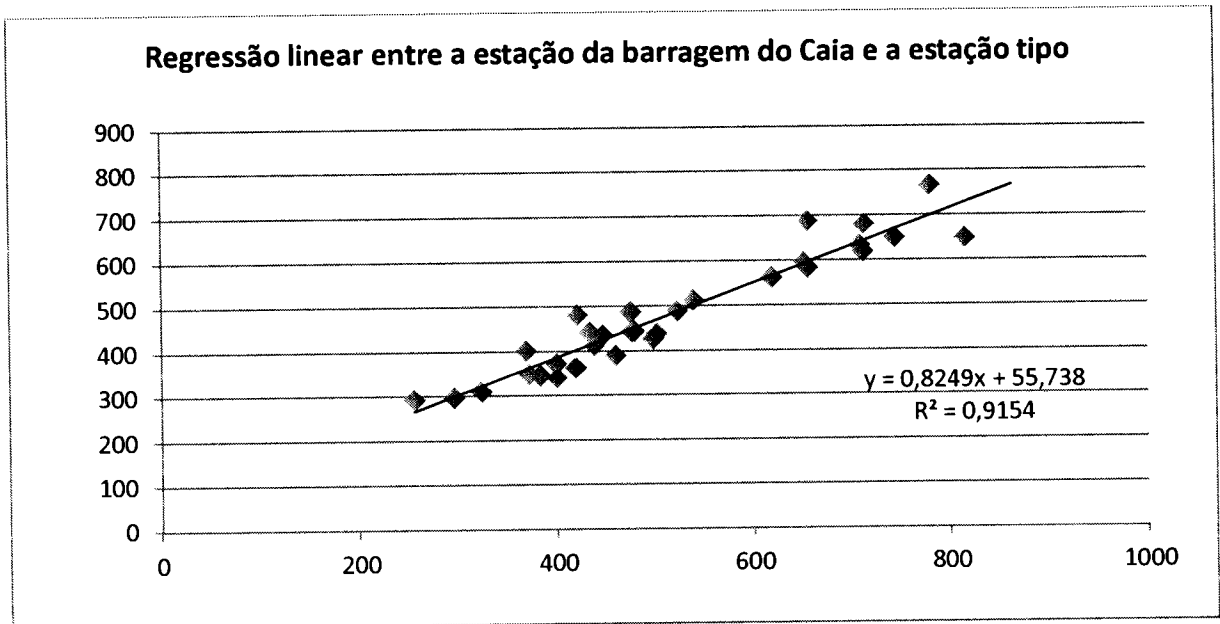


Figura 2.1 - Regressão linear entre a estação da barragem do Caia e a estação tipo.

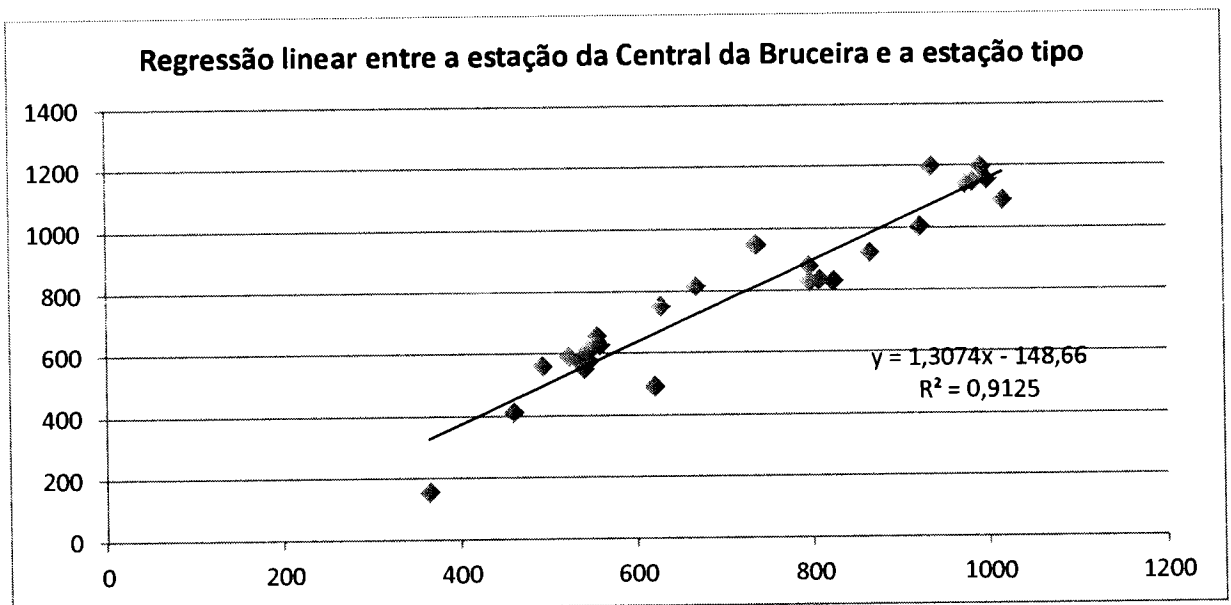


Figura 2.2 - Regressão linear entre a estação da Central da Bruceira e a estação tipo.

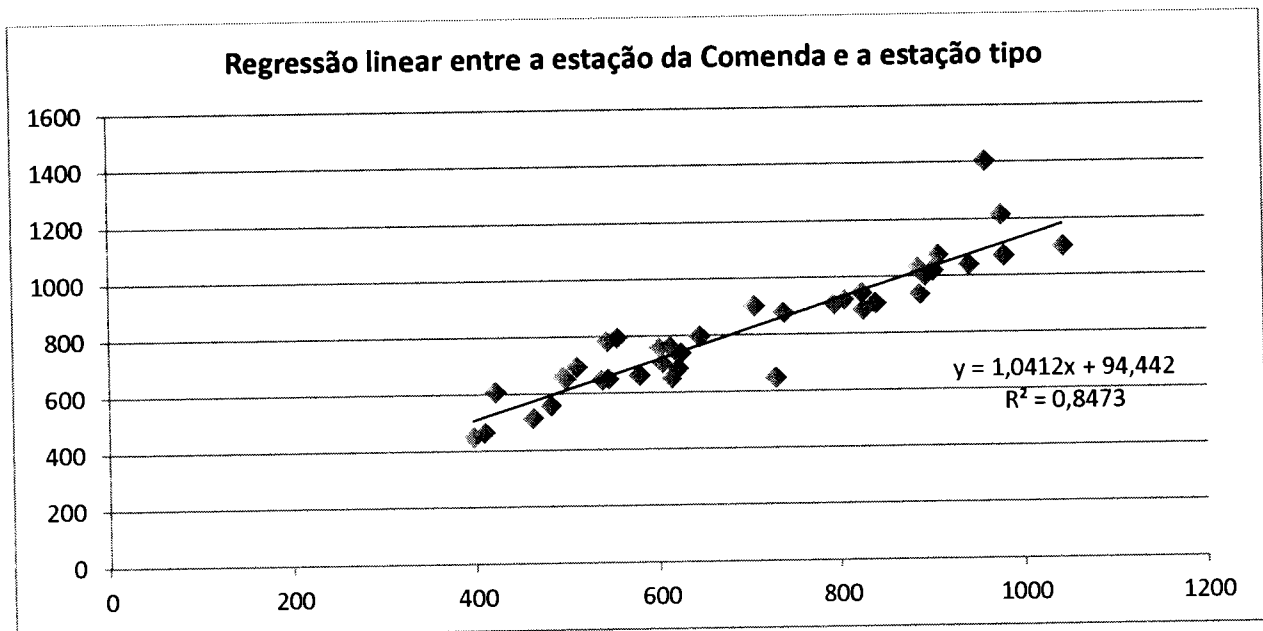


Figura 2.3 - Regressão linear entre a estação da Comenda e a estação tipo.

ANEXO 3

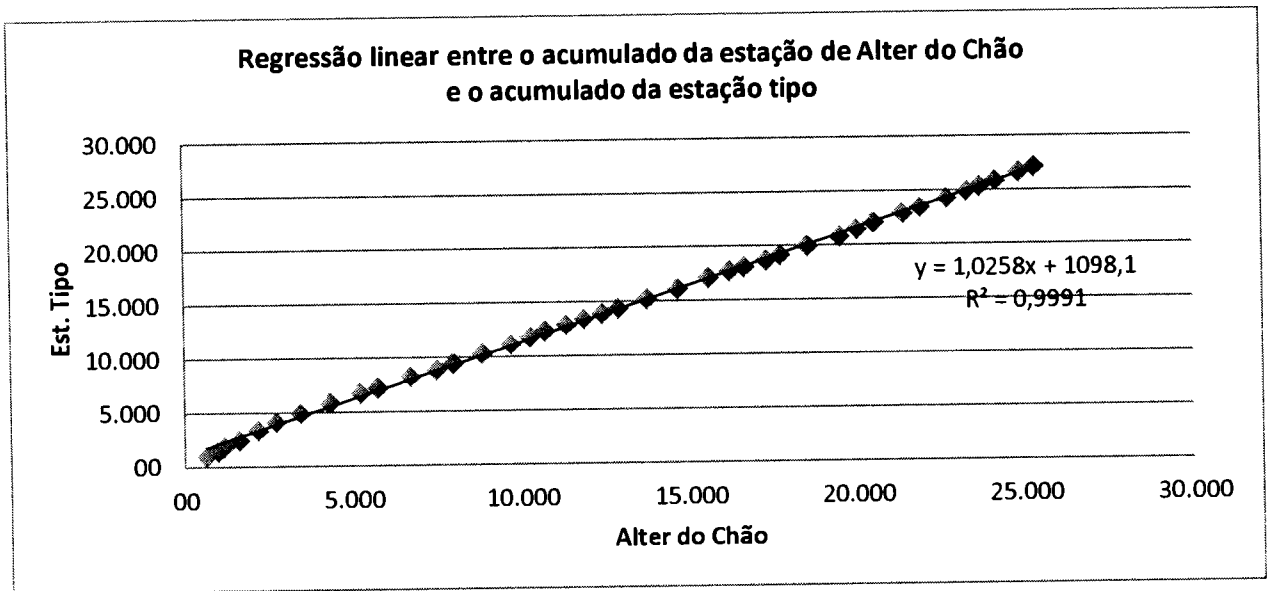


Figura 3.1 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Alter do Chão e o acumulado da estação tipo.

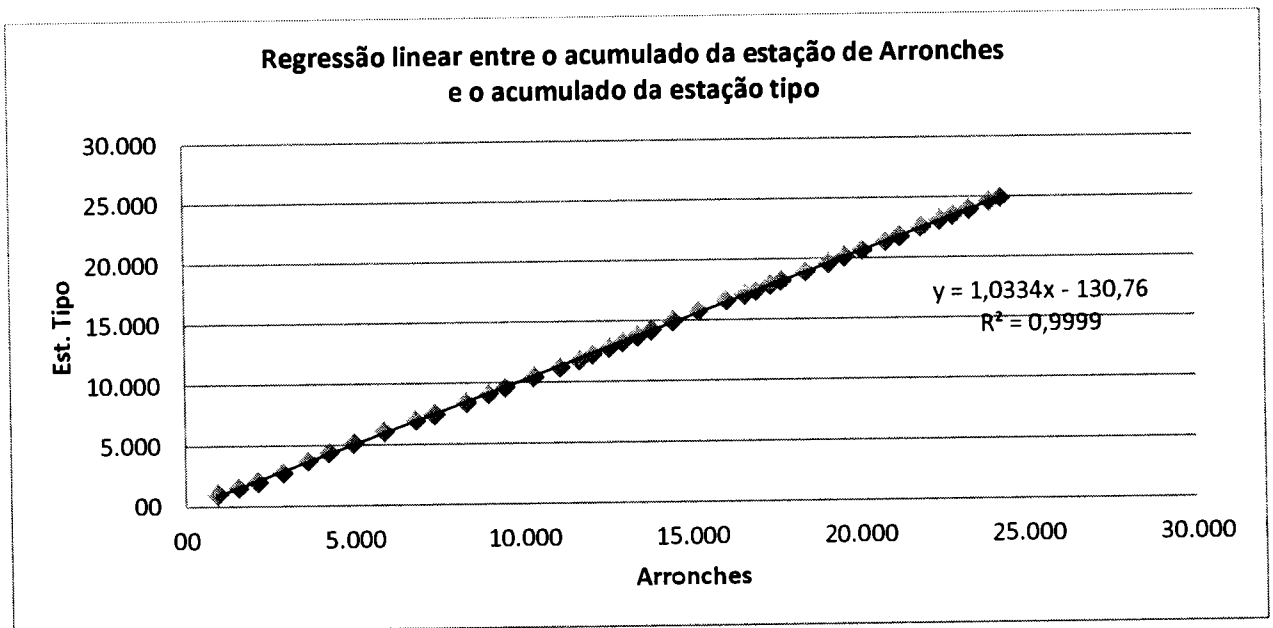


Figura 3.2 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Arronches e o acumulado da estação tipo.

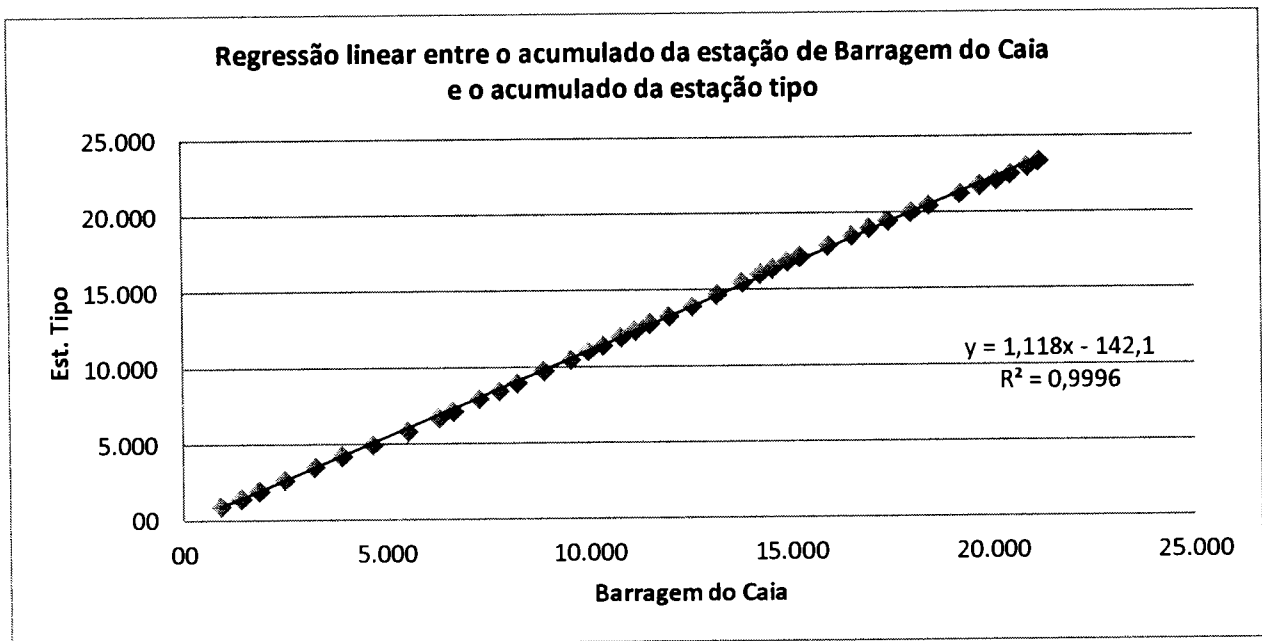


Figura 3.3 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Barragem do Caia e o acumulado da estação tipo.

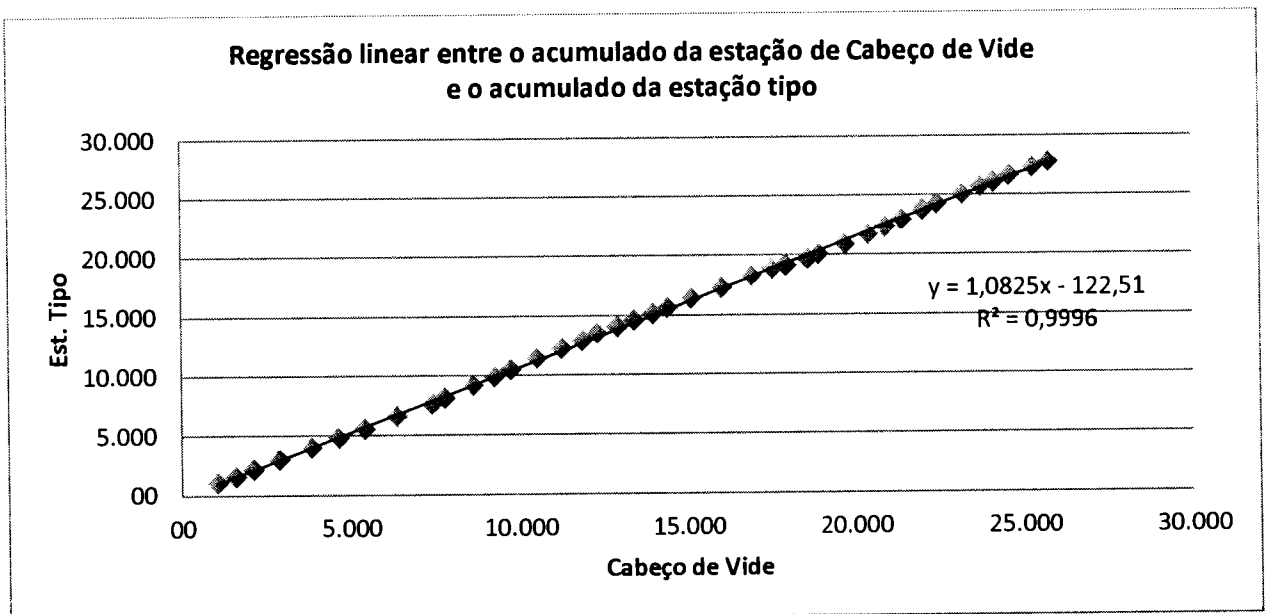


Figura 3.4 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Cabeço de Vide e o acumulado da estação tipo.

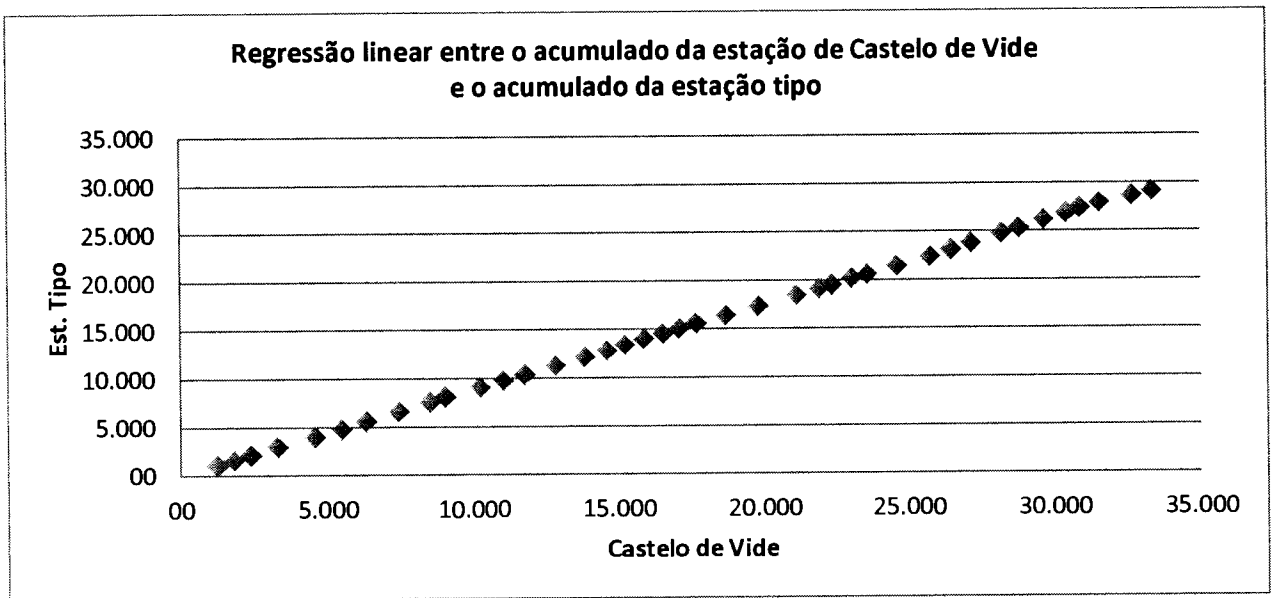


Figura 3.5 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Castelo de Vide e o acumulado da estação tipo.

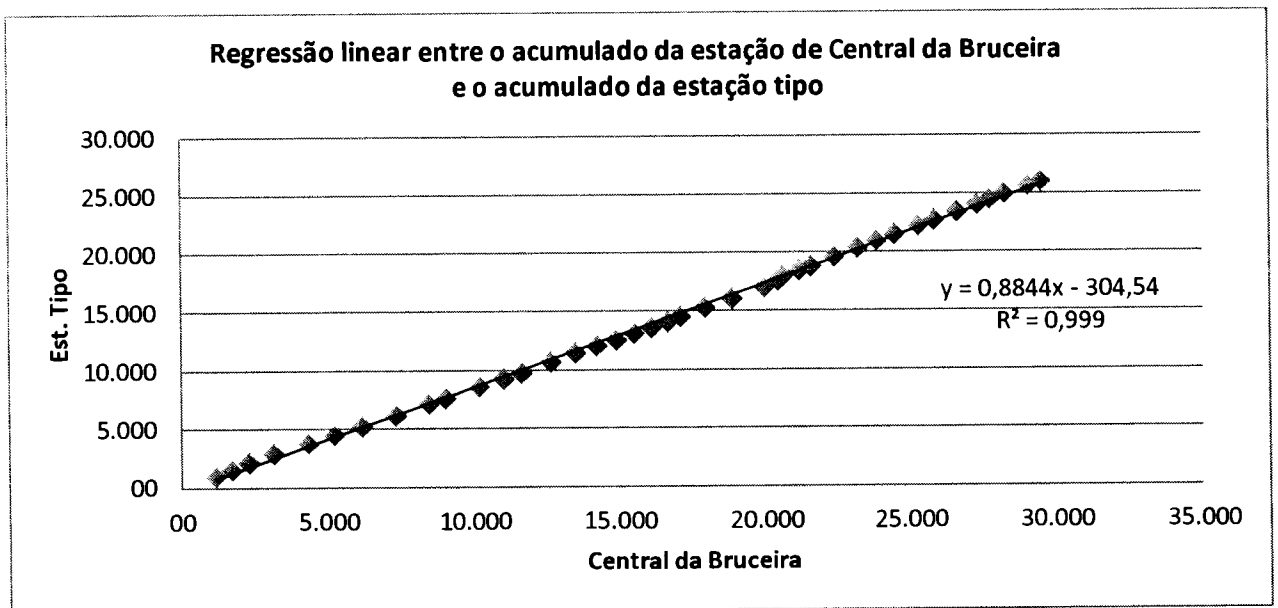


Figura 3.6 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Central da Bruceira e o acumulado da estação tipo.

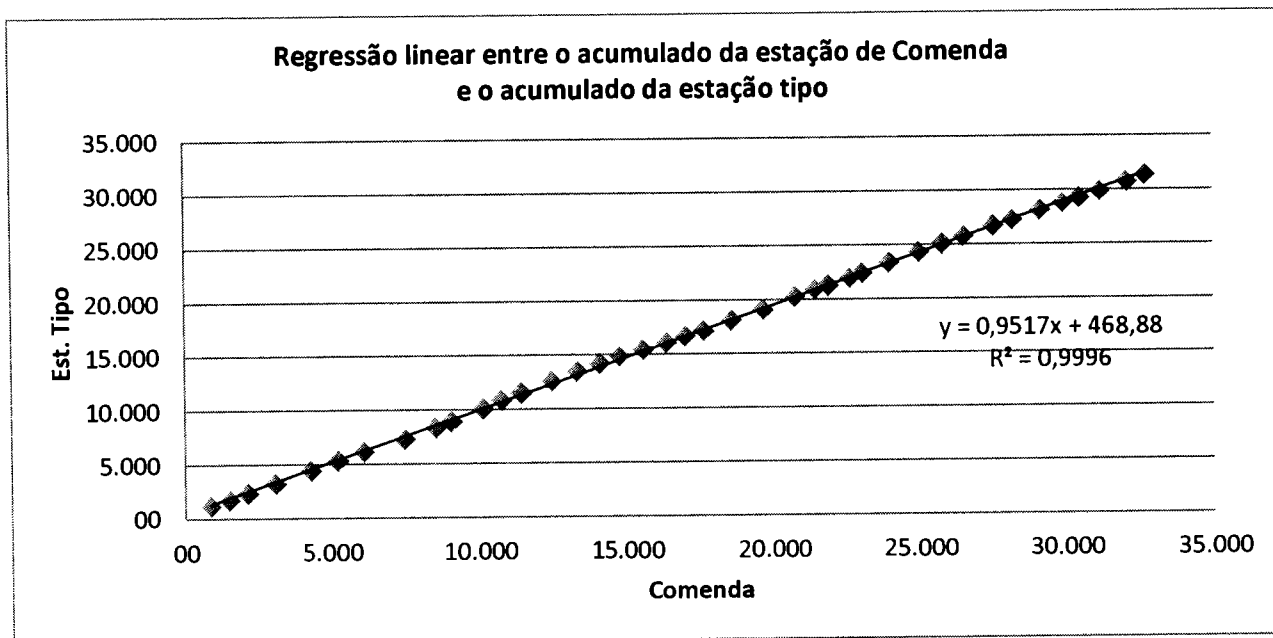


Figura 3.7 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Comenda e o acumulado da estação tipo.

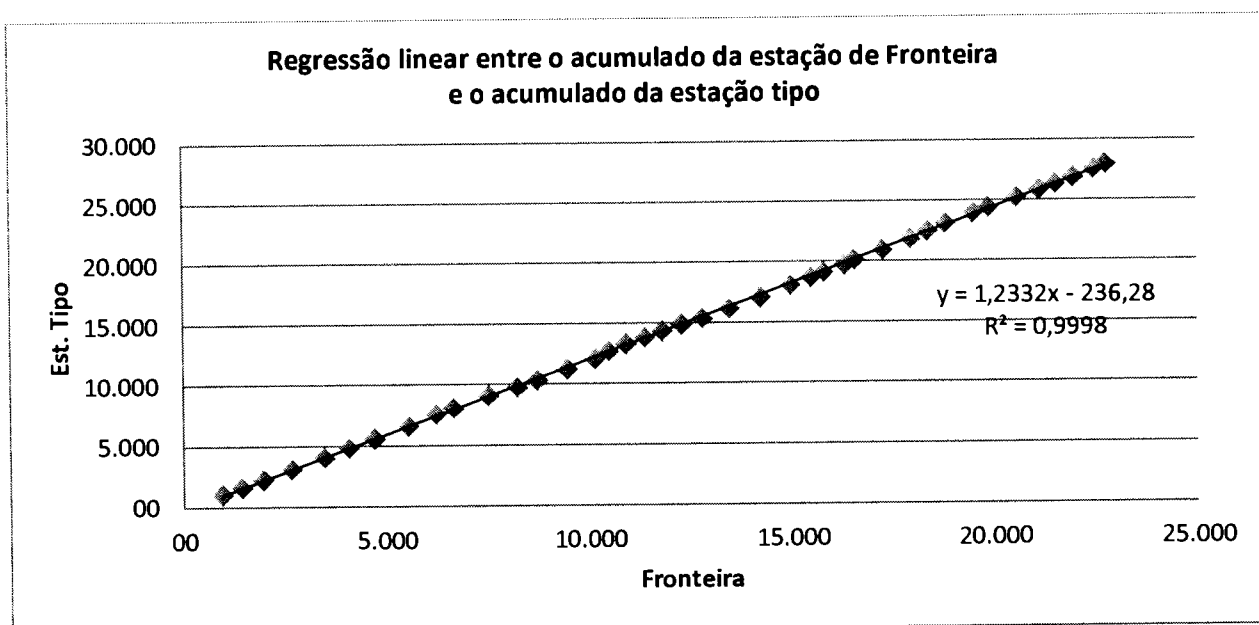


Figura 3.8 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Fronteira e o acumulado da estação tipo.

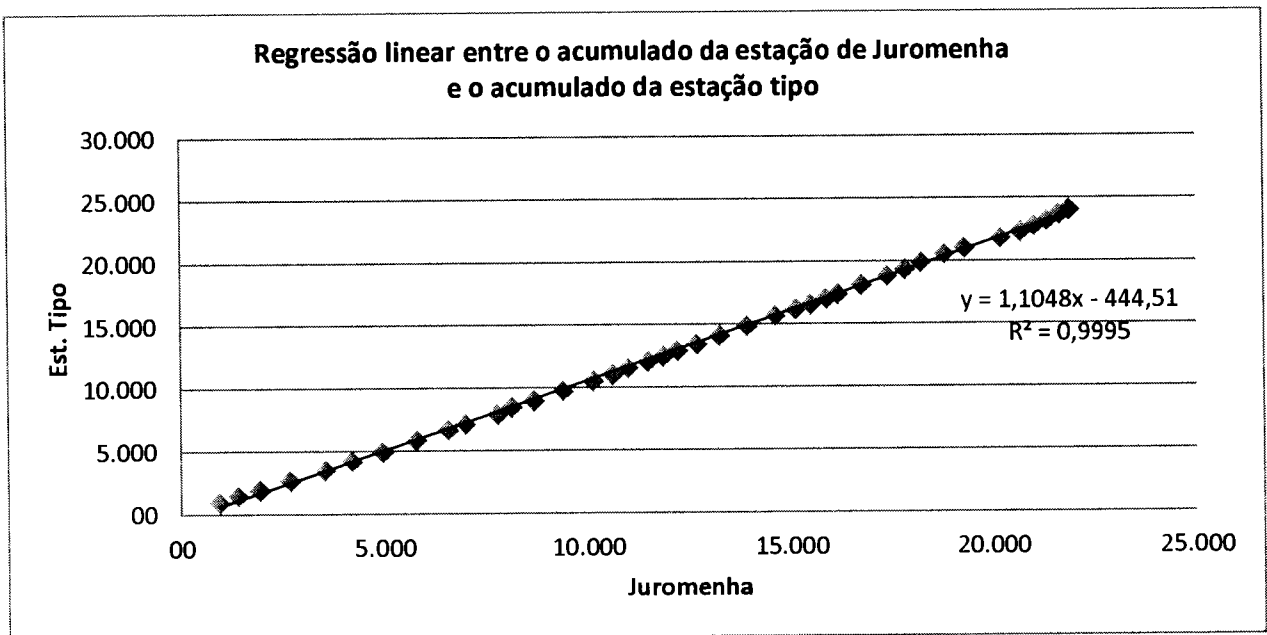


Figura 3.9 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Juromenha e o acumulado da estação tipo.

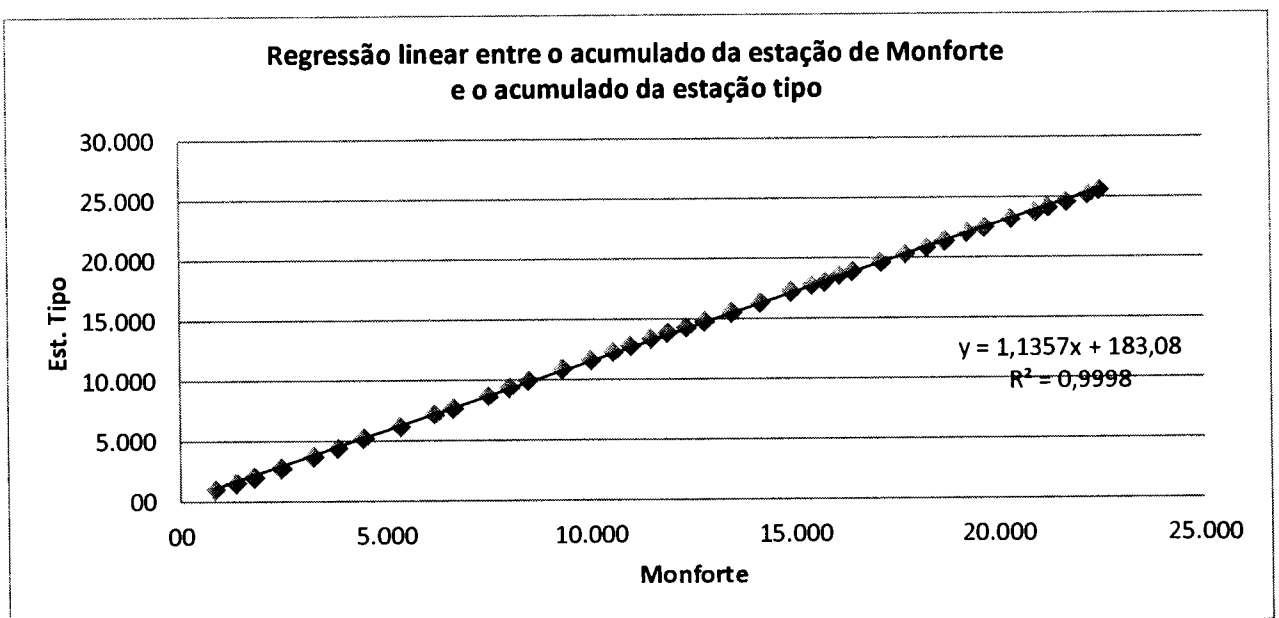


Figura 3.10 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Monforte e o acumulado da estação tipo.

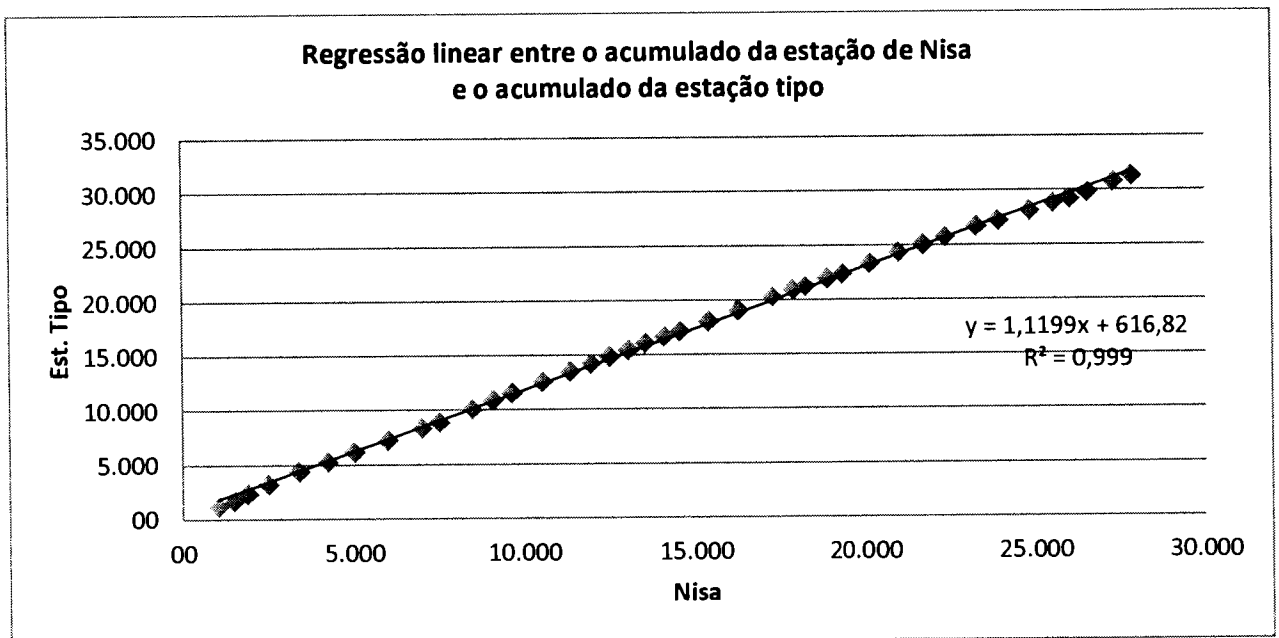


Figura 3.11 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Nisa e o acumulado da estação tipo.

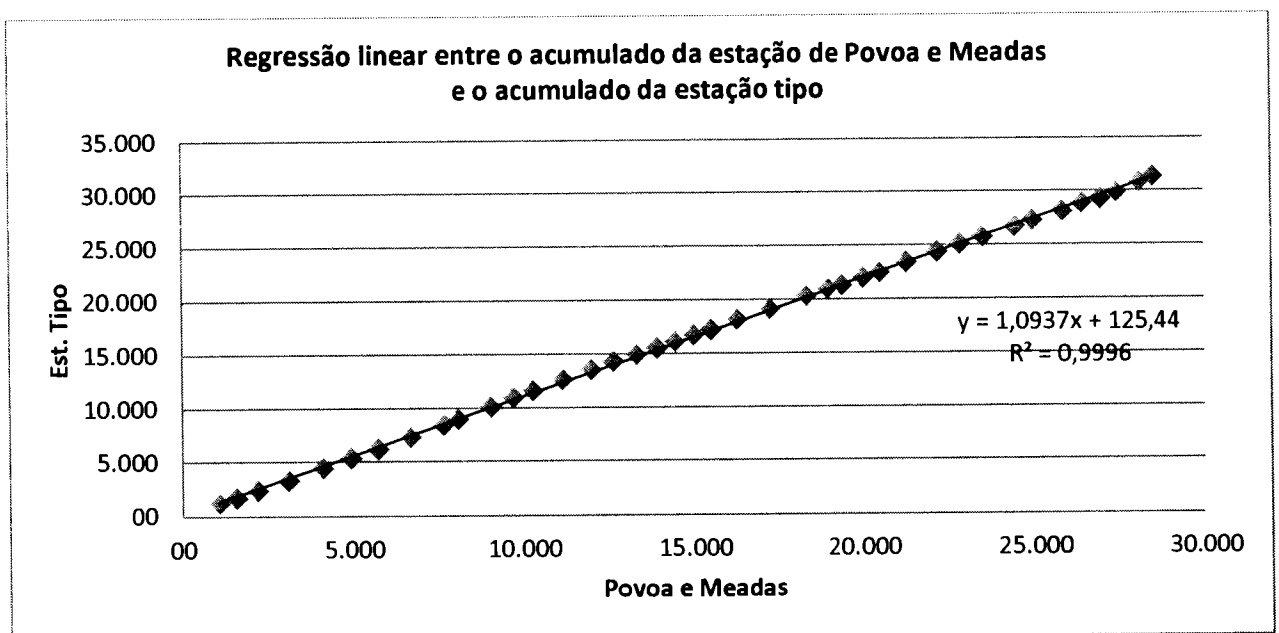


Figura 3.12 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Povoia e Meadas e o acumulado da estação tipo.

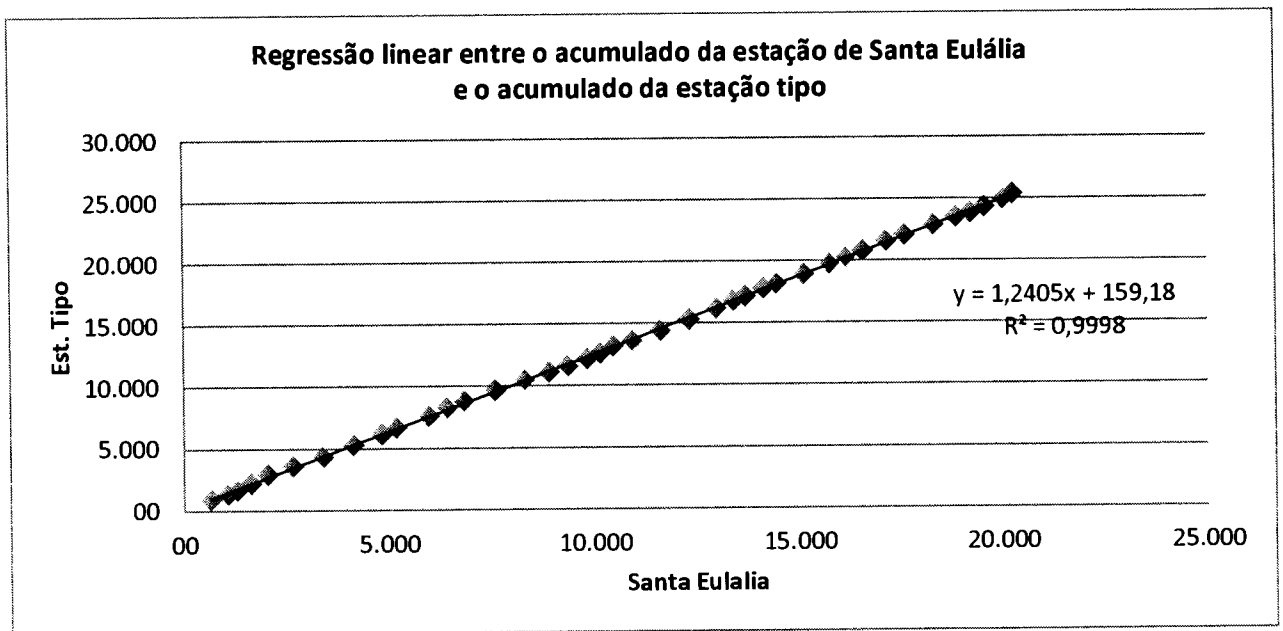


Figura 3.13 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Santa Eulália e o acumulado da estação tipo.

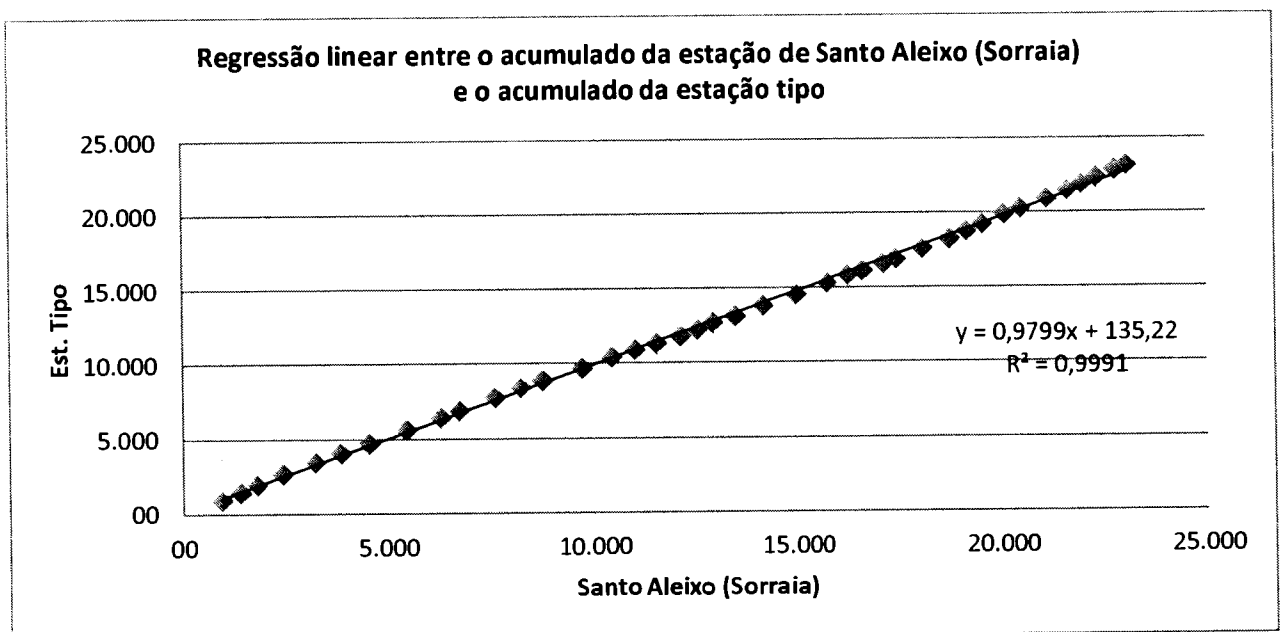


Figura 3.14 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Santo Aleixo (Sorraia) e o acumulado da estação tipo.

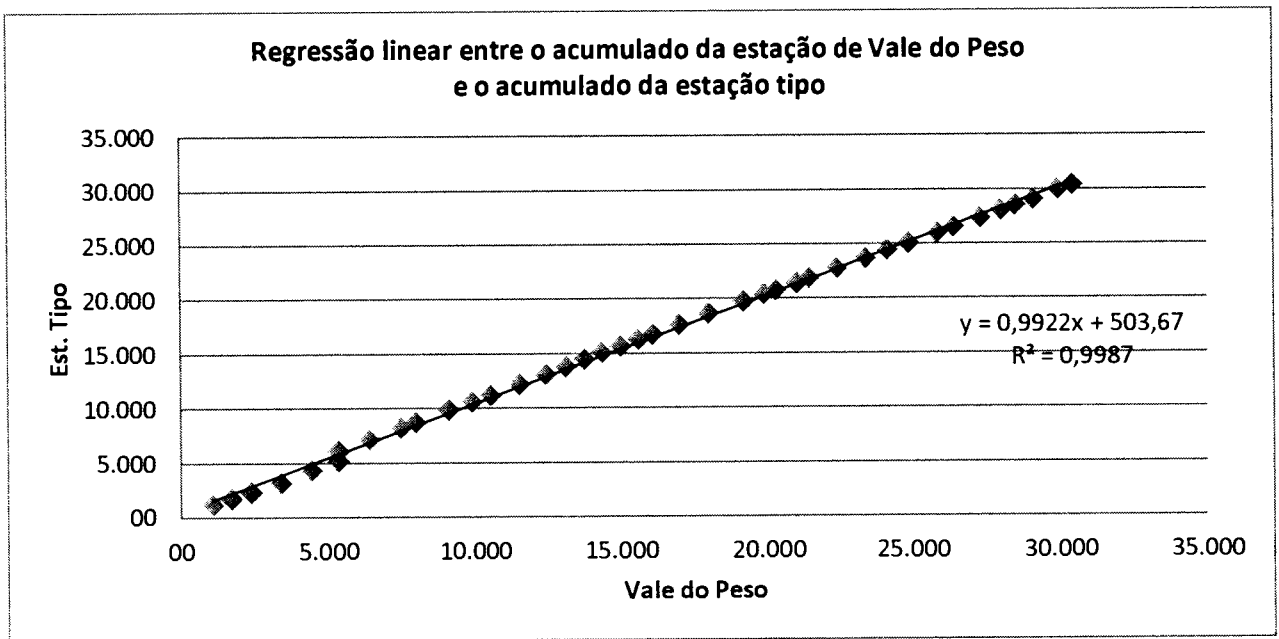


Figura 3.15 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Vale do Peso e o acumulado da estação tipo.

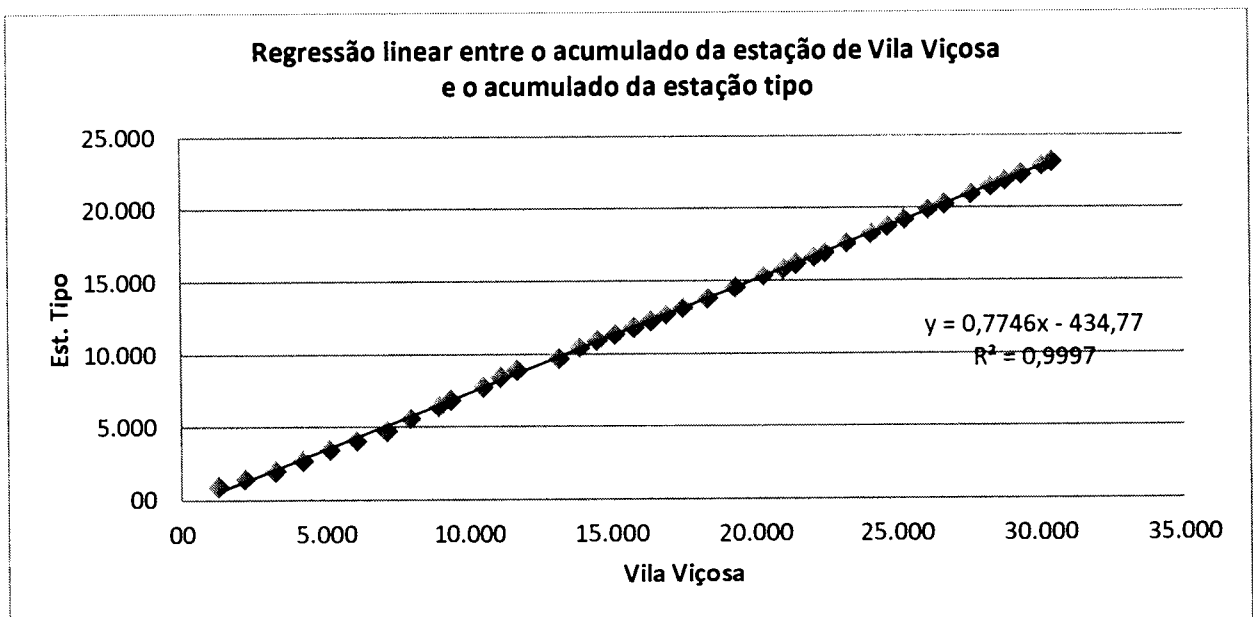


Figura 3.16 - Regressão linear entre o acumulado da estação de Vila Viçosa e o acumulado da estação tipo.

Quadro 4.1 - Registo dos valores de escoamento anual registados em Couto de Andreiros.

PERIODO	COUTO DE ANDREIROS		PERIODO	COUTO DE ANDREIROS	
	(dam ³)	(mm)		(dam ³)	(mm)
1955/56			1975/76	3349	
1956/57			1976/77	106996	
1957/58			1977/78	138836	13,72
1958/59			1978/79	125088	438,37
1959/60			1979/80	32800	568,82
1960/61			1980/81	1552	512,49
1961/62			1981/82	29018	134,38
1962/63			1982/83	3379	6,36
1963/64	147991	606,33	1983/84	65440	118,89
1964/65	41787	171,20	1984/85	91574	13,84
1965/66	206364	845,49	1985/86		
1966/67	90711	371,65	1986/87	33872	138,78
1967/68	49749	203,82	1987/88	76241	312,36
1968/69	138228	566,33	1988/89	5644	23,12
1969/70	113986	467,01	1989/90	70851	290,28
1970/71	48211	197,52	1990/91	44608	182,76
1971/72	46480	190,43	1991/92	4706	19,28
1972/73	43122	176,67	1992/93	4312	17,67
1973/74			1993/94		
1974/75	32930	134,92	1994/95		

ANEXO 5

QUADRO 5.5 - PERDAS NA REDE EM BAIXA - AA

		35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32	32	32	32	32	31	31	31	31	31	31	30	30	30	30					
Perdas "Em Baixa"		45	45	44	44	43	43	43	42	42	42	41	41	41	41	40	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	36	36	36	35	35	35	35				
Perdas "Em Baixa"		55	54	53	53	52	51	50	49	49	48	47	46	46	45	44	44	43	42	42	41	40	40	39	39	38	37	37	36	35	34	34	34	33	32			
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Perdas "Em Baixa"																																						
Censos																																						
2001																																						
Alter do Chão	Alter do Chão	2556	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Alter do Chão	Charoiteira	536	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Alter do Chão	Sedra	389	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Alter do Chão	Gunhães	457	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Alter do Chão	Total	3938	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Arrochas	Assunção	2059	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Arrochas	Esperança	881	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Arrochas	Mosteiros	449	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Arrochas	Total	3389	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Avia	Alcônego	427	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Aldeia Velha	339	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Avia	1950	36	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Bersavia	1017	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Ervedal	689	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Figueira e Barro	356	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Miranhão	96	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Vilongo	321	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Avia	Total	5197	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19		
Campo Maior	Nossa Senhora da Espera	3788	60	57	54	51	49	46	44	42	40	38	36	34	32	31	29	28	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Campo Maior	Nossa Senhora da Graça d	536	60	57	54	51	49	46	44	42	40	38	36	34	32	31	29	28	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Campo Maior	São João Baptista	4063	60	57	54	51	49	46	44	42	40	38	36	34	32	31	29	28	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Campo Maior	Total	8387	60	57	54	51	49	46	44	42	40	38	36	34	32	31	29	28	25	24	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Castelo de Vide	Nossa Senhora da Graça d	696	62	60	58	57	55	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
Castelo de Vide	Santas Maria de Devesa	1716	62	60	58	57	55	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
Castelo de Vide	Santiago Maior	426	62	60	58	57	55	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Castelo de Vide	São João Baptista	1034	62	60	58	57	55	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Castelo de Vide	Total	3872	62	60	58	57	55	53	52	50	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
Crato	Aldeia da Mota	482	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Crato	Crato e Mártir	1804	45	44	42	41	40	39	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Crato	Flor da Rosa	328	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Crato	Gófeia	1063	45	44	42	41	40	39	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Crato	Monte de Pedra	327	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Crato	Vale do Peço	344	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Crato	Total	4348	42	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
Elvas	Ajud. Salvador e Santo I	1494	45	45	44	44	43	41	39	37	35	33	32	30	29	27	26	25	23	22	21	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Elvas	Alcôve	2305	45	45	44	44	43	41	39	37	35	33	32	30	29	27	26	25	23	2																		

5.6 - CAUDAL POTENCIAL NA REDE EM BAIXA - AA

TOTAL DO CONJUNTO DOS MUNICÍPIOS

Caudal Potencial "Em Baixa" (m³/Ano)

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040															
2001	Cemeros																																															
2001	Cemeros																																															
2556	Alto do Chico	230.202	224.905	218.720	213.421	208.901	203.691	199.035	194.888	190.528	186.547	182.738	179.085	175.599	172.211	168.972	165.844	162.815	159.885	157.055	154.325	151.695	149.165	146.735	144.405	142.175	140.045	138.015	136.085	134.255	132.525	130.895	129.365	127.935	126.605	125.375	124.245	123.215	122.285									
536	Alto do Chico	40.788	39.738	38.720	37.764	36.808	35.918	35.050	34.210	33.402	32.625	31.877	31.155	30.458	29.785	29.136	28.510	27.906	27.323	26.760	26.217	25.694	25.191	24.707	24.242	23.796	23.368	22.958	22.565	22.188	21.826	21.479	21.146	20.826	20.517	20.221	19.938	19.667	19.408	19.159								
360	Alto do Chico	29.609	28.840	28.112	27.417	26.788	26.141	25.548	24.976	24.430	23.914	23.427	22.968	22.535	22.127	21.742	21.381	21.043	20.726	20.429	20.151	19.893	19.654	19.434	19.231	19.045	18.875	18.721	18.583	18.451	18.334	18.231	18.142	18.066	18.001	17.947	17.903	17.860	17.827	17.805	17.784							
457	Alto do Chico	34.785	33.892	33.026	32.215	31.444	30.719	30.032	29.383	28.770	28.191	27.645	27.132	26.651	26.201	25.781	25.390	25.028	24.695	24.391	24.116	23.870	23.653	23.464	23.292	23.137	23.000	22.879	22.773	22.681	22.603	22.539	22.487	22.445	22.413	22.390	22.377	22.364	22.360	22.356								
3938	Alto do Chico	335.394	328.765	318.594	310.842	303.478	296.472	289.796	283.426	277.340	271.519	265.944	260.600	255.470	250.542	245.803	241.241	236.851	232.627	228.565	224.661	220.912	217.314	213.863	210.557	207.392	204.365	201.473	198.713	196.082	193.578	191.198	188.938	186.795	184.766	182.848	181.039	179.337	177.740	176.245	174.850							
2050	Aracanhás	172.611	170.120	168.640	167.198	165.793	164.432	163.114	161.836	160.597	159.397	158.235	157.111	156.024	154.972	153.954	152.972	152.025	151.112	150.231	149.381	148.561	147.771	147.010	146.277	145.571	144.891	144.236	143.605	143.000	142.420	141.864	141.331	140.821	140.333	139.866	139.420	138.994	138.588	138.201	137.833							
861	Aracanhás	85.178	84.161	83.184	82.247	81.350	80.493	79.675	78.896	78.155	77.452	76.787	76.159	75.567	74.973	74.417	73.898	73.415	72.967	72.553	72.173	71.826	71.511	71.227	70.973	70.749	70.555	70.390	70.253	70.143	70.057	70.004	69.981	69.988	69.995	69.998	69.995	69.992	69.989	69.981	69.972							
449	Aracanhás	33.219	32.780	32.361	31.961	31.581	31.220	30.877	30.552	30.245	29.955	29.681	29.422	29.177	28.945	28.725	28.516	28.317	28.128	27.949	27.780	27.621	27.472	27.333	27.203	27.082	26.970	26.866	26.770	26.681	26.600	26.526	26.459	26.400	26.348	26.302	26.261	26.225	26.194	26.168	26.146							
3389	Aracanhás	271.207	266.900	260.285	253.885	247.824	242.057	236.562	231.319	226.310	221.518	216.931	212.532	208.310	204.254	200.353	196.598	192.981	189.500	186.153	182.940	180.861	178.916	177.105	175.428	173.884	172.472	171.191	170.041	169.011	168.091	167.281	166.481	165.691	164.911	164.141	163.381	162.631	161.891	161.161	160.441	159.731						
427	Aviá	29.175	28.904	28.655	28.426	28.206	28.005	27.822	27.655	27.503	27.364	27.238	27.124	27.021	26.928	26.845	26.772	26.709	26.655	26.600	26.555	26.510	26.465	26.420	26.375	26.330	26.285	26.240	26.195	26.150	26.105	26.060	26.015	25.970	25.925	25.880	25.835	25.790	25.745	25.700	25.655							
336	Aviá	23.163	22.868	22.583	22.308	22.043	21.788	21.543	21.308	21.083	20.868	20.663	20.468	20.283	20.108	19.943	19.788	19.643	19.508	19.383	19.268	19.163	19.068	18.983	18.908	18.843	18.788	18.743	18.708	18.673	18.638	18.603	18.568	18.533	18.498	18.463	18.428	18.393	18.358	18.323	18.288							
1950	Aviá	139.792	138.126	136.100	133.890	131.521	128.989	126.281	123.401	120.354	117.144	113.776	110.350	106.867	103.328	99.733	96.082	92.375	88.612	84.793	80.920	77.003	73.042	69.037	64.992	60.907	56.782	52.617	48.412	44.167	39.892	35.587	31.252	26.887	22.492	18.067	13.612	9.127	4.612	0.067	0.067	0.067						
1017	Aviá	69.496	68.624	67.688	66.698	65.652	64.550	63.396	62.190	60.932	59.622	58.260	56.847	55.383	53.869	52.305	50.692	49.030	47.318	45.556	43.744	41.882	39.970	38.008	36.096	34.134	32.122	30.060	27.948	25.786	23.574	21.312	19.010	16.668	14.286	11.864	9.404	6.914	4.392	1.840	0.067							
889	Aviá	47.077	46.270	45.430	44.560	43.669	42.757	41.825	40.873	39.901	38.910	37.899	36.868	35.817	34.746	33.646	32.517	31.370	30.205	29.022	27.822	26.605	25.372	24.124	22.862	21.586	20.306	19.015	17.714	16.403	15.082	13.751	12.410	11.060	9.700	8.330	6.950	5.560	4.160	2.750	1.320							
356	Aviá	24.324	24.010	23.730	23.485	23.265	23.068	22.894	22.734	22.587	22.453	22.331	22.221	22.121	22.031	21.941	21.861	21.781	21.711	21.651	21.591	21.541	21.491	21.441	21.391	21.341	21.291	21.241	21.191	21.141	21.091	21.041	20.991	20.941	20.891	20.841	20.791	20.741	20.691	20.641								
98	Aviá	6.696	6.611	6.542	6.481	6.429	6.385	6.349	6.312	6.282	6.251	6.219	6.186	6.153	6.120	6.087	6.054	6.021	5.988	5.955	5.922	5.889	5.856	5.823	5.790	5.757	5.724	5.691	5.658	5.625	5.592	5.559	5.526	5.493	5.460	5.427	5.394	5.361	5.328	5.295								
321	Aviá	21.881	21.684	21.494	21.310	21.136	20.972	20.818	20.673	20.537	20.410	20.291	20.180	20.077	19.982	19.894	19.813	19.739	19.672	19.611	19.555	19.503	19.455	19.411	19.370	19.331	19.295	19.261	19.229	19.198	19.168	19.139	19.111	19.083	19.056	19.029	19.002	18.975	18.948	18.921								
5178	Aviá	361.601	357.671	348.085	341.463	334.179	327.209	320.633	314.243	308.206	302.485	296.828	291.453	286.288	281.344	276.632	272.161	267.931	263.951	260.231	256.771	253.581	250.661	248.011	245.641	243.551	241.741	240.211	238.961	237.991	237.301	236.891	236.671	236.631	236.771	237.091	237.601	238.291	239.161	240.111	241.141	242.251	243.441	244.711	246.061			
428 735	Campo Maior	428.735	400.321	384.819	366.712	350.698	336.661	323.111	311.360	300.861	290.789	281.275	272.380	264.069	256.495	249.709	243.756	238.685	234.450	231.000	228.285	226.260	224.885	224.110	223.890	223.810	223.860	224.020	224.290	224.670	225.150	225.730	226.410	227.190	228.070	229.050	230.130	231.310	232.590	233.970	235.450	237.030	238.710	240.490	242.370	244.350	246.430	248.610
536	Campo Maior	53.011	49.400	45.739	43.565	41.811	39.988	38.535	37.448	36.523	35.823	35.307	34.951	34.735	34.648	34.672	34.806	35.040	35.374	35.808	36.342	36.976	37.710	38.544	39.478	40.512	41.646	42.880	44.214	45.648	47.182	48.816	50.550	52.384	54.318	56.352	58.486	60.720	63.054	65.488	68.022	70.656	73.390	76.224	79.158	82.192	85.326	
4063	Campo Maior	428.701	439.647	459.637	489.567	529.517	579.447	639.377	709.287	789.157	879.027	978.877	1.088.727	1.208.577	1.338.427	1.478.277	1.628.127	1.787.977	1.957.827	2.137.677	2.327.527	2.527.377	2.737.227	2.957.077	3.186.927																							

ANEXO 6

EXEMPLO DAS SÉRIES SINTÉTICAS DE ESCOAMENTO GERADAS PARA A APARTADURA

Anos	Normal	LN2p	LN2PWH	LN3P	Gama
1	2,69	3,73	2,45	2,99	2,60
2	4,88	8,01	5,14	1,38	4,91
3	4,49	1,36	4,66	2,02	4,47
4	2,49	0,99	2,23	3,37	2,40
5	0,81	8,38	0,79	0,00	0,84
6	1,33	1,71	1,14	1,59	1,30
7	4,88	1,03	5,13	2,81	4,90
8	1,28	2,60	1,11	1,14	1,26
9	0,55	0,47	0,64	5,47	0,62
10	0,32	5,44	3,11	6,71	3,15
11	0,00	1,60	0,22	6,20	0,00
12	1,97	2,88	1,69	5,19	1,89
13	1,90	5,81	1,63	3,05	1,83
14	0,00	9,21	0,03	3,65	0,00
15	3,54	3,11	3,47	3,24	3,46
16	2,28	1,07	2,00	2,45	2,19
17	4,82	1,72	5,06	3,28	4,84
18	3,75	0,71	3,73	2,79	3,67
19	1,77	1,98	1,51	1,11	1,71
20	1,74	1,60	1,48	0,15	1,68
21	2,14	2,65	1,86	6,23	2,06
22	3,17	9,63	3,01	4,25	3,07
23	0,41	1,54	0,56	3,66	0,49
24	0,35	16,88	3,36	4,07	3,36
25	2,76	1,46	2,53	3,90	2,67
26	6,17	3,74	6,48	4,83	6,41
27	0,33	2,29	0,53	3,11	0,43
28	3,37	2,25	3,26	1,96	3,28
29	3,09	23,24	2,92	6,27	3,00
30	2,44	0,69	2,17	0,00	2,35
31	4,18	4,05	4,28	0,46	4,14
32	2,80	3,26	2,58	3,83	2,71
33	3,10	0,22	2,92	3,29	3,00
34	1,34	1,24	1,15	3,00	1,31
35	0,21	2,23	1,84	3,08	2,04
36	1,28	2,93	1,10	0,46	1,26
37	2,75	0,53	2,52	4,81	2,65
38	5,07	1,66	5,36	1,64	5,12
39	0,36	3,47	0,54	0,22	0,45
40	3,68	7,51	3,64	3,31	0,36
Média	2,36	3,87	2,50	3,02	2,45
Des.padrão	1,63	4,56	1,60	1,83	1,56
Variância	2,67	20,76	2,56	3,36	2,44
Coef. Assimetria	0,34	2,75	0,58	0,13	0,45

EXEMPLO DAS SÉRIES SINTÉTICAS DE ESCOAMENTO GERADAS PARA A PÓVOA

Anos	Normal	LN2p	LN2PWH	LN3P	Gama
1	64,61	25,75	69,59	73,31	57,54
2	114,30	20,44	85,60	104,79	27,91
3	56,17	71,37	4,45	36,93	39,65
4	70,28	109,26	49,55	26,69	64,43
5	29,32	52,83	30,81	106,71	0,00
6	64,90	129,04	67,54	44,61	31,71
7	62,14	31,25	23,28	27,93	54,15
8	128,53	32,02	24,61	59,57	23,47
9	56,13	14,39	15,92	5,27	102,71
10	50,07	55,82	74,51	88,40	125,27
11	0,00	37,13	17,36	42,40	115,97
12	26,29	31,62	45,30	63,42	97,66
13	14,64	121,13	31,69	91,17	58,56
14	77,42	98,30	72,73	110,89	69,63
15	68,33	36,70	105,66	66,34	61,96
16	14,67	17,96	18,86	29,18	47,53
17	34,23	60,54	34,39	44,75	62,77
18	57,16	37,32	35,34	16,63	53,80
19	35,06	44,03	20,97	49,74	22,96
20	52,60	49,56	46,85	42,30	5,39
21	81,92	40,24	49,45	60,27	116,63
22	94,29	17,46	17,74	112,84	80,61
23	41,82	19,65	31,83	41,10	69,74
24	66,49	51,96	15,81	138,74	77,30
25	59,80	76,69	83,22	39,15	74,13
26	66,56	57,55	73,48	73,36	91,14
27	39,39	4,76	23,51	55,02	59,61
28	80,21	36,72	49,88	54,36	38,57
29	64,76	18,26	47,87	154,35	117,34
30	46,51	32,44	23,04	15,75	0,00
31	43,50	20,71	115,71	76,48	11,04
32	52,65	14,22	117,94	68,09	72,80
33	63,84	12,16	65,91	0,00	62,96
34	74,21	85,11	72,17	33,77	57,69
35	37,41	21,88	142,74	54,06	59,15
36	40,12	121,28	21,25	64,07	11,13
37	24,04	22,39	56,46	8,58	90,76
38	59,89	55,04	26,44	43,69	32,71
39	36,85	17,87	27,01	70,53	6,70
40	0,00	16,51	56,62	102,01	63,39
Média	53,78	45,48	49,83	59,93	57,91
Des.padrão	26,74	32,92	32,32	35,38	33,74
Variância	714,83	1083,52	1044,70	1251,81	1138,58
Coef. Assimetria	0,37	1,22	1,03	0,67	0,10

EXEMPLO DAS SÉRIES SINTÉTICAS DE ESCOAMENTO GERADAS PARA O CAIA

Anos	Normal	LN2p	LN2PWH	LN3P	Gama
1	125,69	4,84	41,24	146,53	103,84
2	259,66	2,17	361,29	234,99	26,22
3	102,93	151,97	272,22	50,09	56,39
4	140,96	636,22	31,00	24,12	122,59
5	30,53	55,23	1,49	240,53	0,00
6	126,45	1113,06	4,44	69,91	35,88
7	119,02	9,37	359,24	27,25	94,73
8	298,05	10,18	4,07	109,35	15,00
9	102,81	0,60	0,81	0,00	230,70
10	86,47	66,48	82,60	188,37	297,30
11	0,00	16,82	0,00	64,19	269,58
12	22,35	9,75	13,90	119,67	216,05
13	0,00	899,87	12,41	196,14	106,62
14	160,23	445,99	0,00	252,67	136,88
15	135,70	16,16	114,27	127,55	115,85
16	0,00	1,37	22,68	30,38	77,09
17	43,76	87,35	345,81	70,29	118,05
18	105,58	17,10	141,61	0,00	93,78
19	46,00	29,89	9,90	83,32	13,73
20	93,29	44,52	9,47	63,93	0,00
21	172,36	22,06	18,32	111,23	271,54
22	205,71	1,24	75,29	258,33	167,47
23	64,23	1,89	0,55	60,82	137,18
24	130,76	52,24	104,10	335,39	158,19
25	112,70	193,54	45,30	55,78	149,36
26	130,93	73,66	701,25	146,65	197,34
27	57,68	0,00	0,44	97,23	109,47
28	167,74	16,20	95,00	95,50	53,57
29	126,09	1,46	68,78	383,26	273,66
30	76,86	10,64	28,77	0,00	0,00
31	68,77	2,28	211,96	155,22	0,00
32	93,42	0,57	47,70	132,30	145,66
33	123,59	0,30	69,19	0,00	118,56
34	151,58	274,70	4,53	42,03	104,26
35	52,35	2,76	17,75	94,70	108,21
36	59,64	903,63	4,02	121,44	0,00
37	16,29	2,99	44,51	0,00	196,25
38	112,94	63,41	408,03	67,53	38,43
39	50,82	1,35	0,48	138,93	0,00
40	0,00	1,01	131,55	227,00	119,74
Média	99,35	131,12	97,65	115,57	111,98
Des.padrão	67,04	275,00	150,12	93,13	84,84
Variancia	4494,59	75625,74	22535,48	8673,05	7198,41
Coef. Assimetria	0,76	2,56	2,34	1,00	0,48

EXEMPLO DAS SÉRIES SINTÉTICAS DE ESCOAMENTO GERADAS PARA COUTO DE ANDREIROS

Anos	Normal	LN2p	LN2PWH	LN3P	Gama
1	64,12	38,93	49,15	59,12	58,60
2	126,45	173,66	147,34	125,89	127,35
3	115,27	132,81	126,38	112,59	113,68
4	58,29	33,85	42,92	53,72	53,06
5	10,43	10,74	11,01	14,07	12,89
6	25,23	15,31	17,62	25,49	24,33
7	126,21	172,66	146,87	125,60	127,05
8	23,98	14,86	16,96	24,50	23,33
9	3,15	9,01	8,59	8,70	7,56
10	79,88	56,82	68,81	74,39	74,31
11	0,00	4,41	2,74	0,00	0,00
12	43,43	23,69	29,52	40,54	39,59
13	41,47	22,61	28,02	38,87	37,88
14	0,00	2,30	0,81	0,00	0,00
15	88,21	69,39	80,82	82,88	83,06
16	52,25	29,28	37,05	48,27	47,48
17	124,61	166,16	143,83	123,66	125,06
18	94,16	80,04	90,03	89,13	89,50
19	37,70	20,65	25,27	35,68	34,64
20	36,96	20,29	24,76	35,06	34,01
21	48,32	26,64	33,54	44,79	43,92
22	77,63	53,83	65,75	72,14	71,99
23	0,00	8,16	7,42	5,73	4,63
24	85,74	65,40	77,15	80,33	80,43
25	66,11	40,84	51,41	60,99	60,52
26	162,93	416,70	217,28	173,89	176,31
27	0,00	7,74	6,85	4,16	3,08
28	83,38	61,80	73,73	77,92	77,95
29	75,48	51,13	62,91	70,02	69,81
30	56,82	32,67	41,43	52,37	51,68
31	106,55	107,75	110,76	102,65	103,44
32	67,23	41,94	52,70	62,05	61,61
33	75,62	51,30	63,09	70,16	69,95
34	25,52	15,42	17,77	25,72	24,56
35	47,74	26,28	33,05	44,28	43,40
36	23,77	14,79	16,85	24,33	23,16
37	65,74	40,47	50,98	60,64	60,16
38	131,82	197,53	157,64	132,50	134,13
39	0,00	7,89	7,05	4,71	3,63
40	92,08	76,13	86,75	86,92	87,22
Média	61,11	61,05	58,32	59,36	59,12
Des.padrão	42,41	76,99	50,85	41,63	42,48
Variância	1798,28	5927,68	2585,51	1733,41	1804,41
Coef. Assimetria	0,32	2,96	1,26	0,64	0,67

ANEXO 7

Cálculo do comportamento do reservatório da Apartadura com a série de escoamento histórica					
Apartadura		Zt=C	Zt=C/2	Zt=0	Zt=a
		Zt+1	Zt+1	Zt+1	Zt+1
Z1	1955/56	6,98	3,49	0	6,1
Z2	1956/57	6,98	4,66	1,17	6,98
Z3	1957/58	3,25	0,93	0,00	3,25
Z4	1958/59	0,00	0,00	0,00	0,00
Z5	1959/60	0,00	0,00	0,00	0,00
Z6	1960/61	0,93	0,93	0,93	0,93
Z7	1961/62	0,00	0,00	0,00	0,00
Z8	1962/63	0,00	0,00	0,00	0,00
Z9	1963/64	0,08	0,08	0,08	0,08
Z10	1964/65	0,43	0,43	0,43	0,43
Z11	1965/66	0,00	0,00	0,00	0,00
Z12	1966/67	0,77	0,77	0,77	0,77
Z13	1967/68	0,00	0,00	0,00	0,00
Z14	1968/69	0,00	0,00	0,00	0,00
Z15	1969/70	0,00	0,00	0,00	0,00
Z16	1970/71	0,00	0,00	0,00	0,00
Z17	1971/72	0,00	0,00	0,00	0,00
Z18	1972/73	0,00	0,00	0,00	0,00
Z19	1973/74	0,00	0,00	0,00	0,00
Z20	1974/75	0,00	0,00	0,00	0,00
Z21	1975/76	0,00	0,00	0,00	0,00
Z22	1976/77	0,00	0,00	0,00	0,00
Z23	1977/78	0,00	0,00	0,00	0,00
Z24	1978/79	0,00	0,00	0,00	0,00
Z25	1979/80	1,18	1,18	1,18	1,18
Z26	1980/81	0,00	0,00	0,00	0,00
Z27	1981/82	0,00	0,00	0,00	0,00
Z28	1982/83	0,00	0,00	0,00	0,00
Z29	1983/84	0,00	0,00	0,00	0,00
Z30	1984/85	0,00	0,00	0,00	0,00
Z31	1985/86	0,00	0,00	0,00	0,00
Z32	1986/87	0,00	0,00	0,00	0,00
Z33	1987/88	0,00	0,00	0,00	0,00
Z34	1988/89	0,00	0,00	0,00	0,00
Z35	1989/90	0,00	0,00	0,00	0,00
Z36	1990/91	0,00	0,00	0,00	0,00
Z37	1991/92	0,00	0,00	0,00	0,00
Z38	1992/93	0,00	0,00	0,00	0,00
Z39	1993/94	0,00	0,00	0,00	0,00
Z40	1994/95	0,00	0,00	0,00	0,00

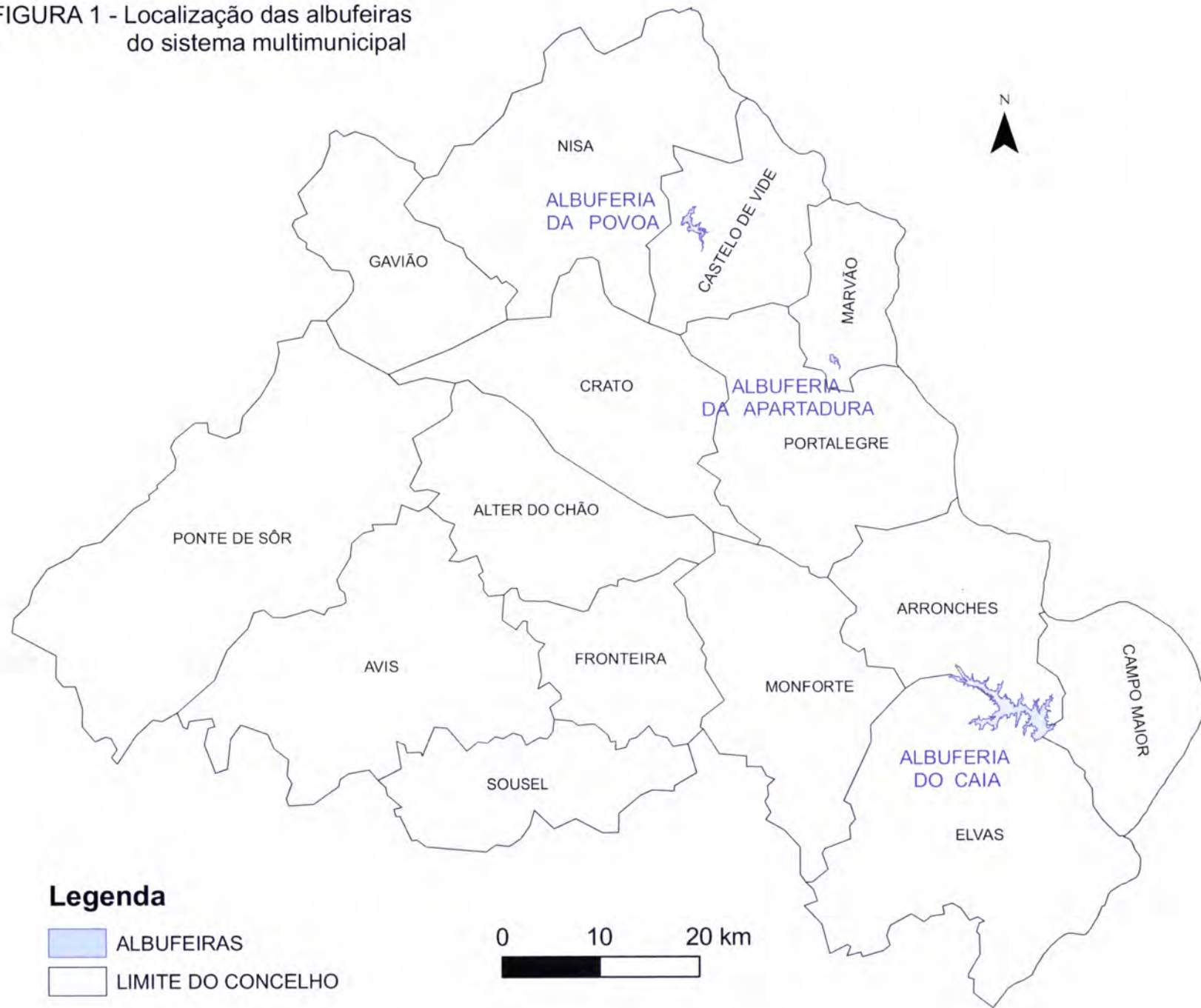
Cálculo do comportamento do reservatório da Póvoa com a série de escoamento histórica					
Apartadura		Zt=C	Zt=C/2	Zt=0	Zt=a
		Zt+1	Zt+1	Zt+1	Zt+1
Z1	1955/56	18,80	9,40	0,00	9,10
Z2	1956/57	18,80	18,80	18,80	18,80
Z3	1957/58	18,80	18,80	18,80	18,80
Z4	1958/59	18,80	18,80	18,80	18,80
Z5	1959/60	18,80	18,80	18,80	18,80
Z6	1960/61	18,80	18,80	18,80	18,80
Z7	1961/62	18,80	18,80	18,80	18,80
Z8	1962/63	18,80	18,80	18,80	18,80
Z9	1963/64	18,80	18,80	18,80	18,80
Z10	1964/65	18,80	18,80	18,80	18,80
Z11	1965/66	18,80	18,80	18,80	18,80
Z12	1966/67	18,80	18,80	18,80	18,80
Z13	1967/68	18,80	18,80	18,80	18,80
Z14	1968/69	18,80	18,80	18,80	18,80
Z15	1969/70	18,80	18,80	18,80	18,80
Z16	1970/71	18,80	18,80	18,80	18,80
Z17	1971/72	18,80	18,80	18,80	18,80
Z18	1972/73	18,80	18,80	18,80	18,80
Z19	1973/74	18,80	18,80	18,80	18,80
Z20	1974/75	18,80	18,80	18,80	18,80
Z21	1975/76	18,80	18,80	18,80	18,80
Z22	1976/77	18,80	18,80	18,80	18,80
Z23	1977/78	18,80	18,80	18,80	18,80
Z24	1978/79	18,80	18,80	18,80	18,80
Z25	1979/80	18,80	18,80	18,80	18,80
Z26	1980/81	18,80	18,80	18,80	18,80
Z27	1981/82	18,80	18,80	18,80	18,80
Z28	1982/83	18,80	18,80	18,80	18,80
Z29	1983/84	18,80	18,80	18,80	18,80
Z30	1984/85	18,80	18,80	18,80	18,80
Z31	1985/86	18,80	18,80	18,80	18,80
Z32	1986/87	18,80	18,80	18,80	18,80
Z33	1987/88	18,80	18,80	18,80	18,80
Z34	1988/89	18,80	18,80	18,80	18,80
Z35	1989/90	18,80	18,80	18,80	18,80
Z36	1990/91	18,80	18,80	18,80	18,80
Z37	1991/92	18,80	18,80	18,80	18,80
Z38	1992/93	17,00	17,00	17,00	17,00
Z39	1993/94	18,80	18,80	18,80	18,80
Z40	1994/95	18,80	18,80	18,80	18,80

Cálculo do comportamento do reservatório da Caia com a série de escoamento histórica					
Apartadura		Zt=C	Zt=C/2	Zt=0	Zt=a
		Zt+1	Zt+1	Zt+1	Zt+1
Z1	1955/56	192,30	96,15	0,00	150,90
Z2	1956/57	192,30	192,30	192,30	192,30
Z3	1957/58	180,56	180,56	180,56	180,56
Z4	1958/59	128,56	128,56	128,56	128,56
Z5	1959/60	189,15	189,15	189,15	189,15
Z6	1960/61	192,30	192,30	192,30	192,30
Z7	1961/62	192,30	192,30	192,30	192,30
Z8	1962/63	192,30	192,30	192,30	192,30
Z9	1963/64	192,30	192,30	192,30	192,30
Z10	1964/65	192,30	192,30	192,30	192,30
Z11	1965/66	141,08	141,08	141,08	141,08
Z12	1966/67	192,30	192,30	192,30	192,30
Z13	1967/68	192,30	192,30	192,30	192,30
Z14	1968/69	162,11	162,11	162,11	162,11
Z15	1969/70	192,30	192,30	192,30	192,30
Z16	1970/71	192,30	192,30	192,30	192,30
Z17	1971/72	192,30	192,30	192,30	192,30
Z18	1972/73	130,51	130,51	130,51	130,51
Z19	1973/74	106,80	106,80	106,80	106,80
Z20	1974/75	45,01	45,01	45,01	45,01
Z21	1975/76	0,00	0,00	0,00	0,00
Z22	1976/77	0,00	0,00	0,00	0,00
Z23	1977/78	92,00	92,00	92,00	92,00
Z24	1978/79	192,30	192,30	192,30	192,30
Z25	1979/80	192,30	192,30	192,30	192,30
Z26	1980/81	183,33	183,33	183,33	183,33
Z27	1981/82	174,36	174,36	174,36	174,36
Z28	1982/83	137,32	137,32	137,32	137,32
Z29	1983/84	75,53	75,53	75,53	75,53
Z30	1984/85	182,56	182,56	182,56	182,56
Z31	1985/86	192,30	192,30	192,30	192,30
Z32	1986/87	168,26	168,26	168,26	168,26
Z33	1987/88	144,28	144,28	144,28	144,28
Z34	1988/89	192,30	192,30	192,30	192,30
Z35	1989/90	133,26	133,26	133,26	133,26
Z36	1990/91	192,30	192,30	192,30	192,30
Z37	1991/92	192,30	192,30	192,30	192,30
Z38	1992/93	130,51	130,51	130,51	130,51
Z39	1993/94	73,13	73,13	73,13	73,13
Z40	1994/95	91,67	91,67	91,67	91,67

Cálculo do comportamento do reservatório de Couto de Andreiros com a série de escoamento histórica				
Couto de Andreiros		Zt=Apartadura	Zt=Caia	Zt=Apartadura+Caia
		Zt+1	Zt+1	Zt+1
Z1	1955/56	0	0	0
Z2	1956/57	100,00	100,00	100,00
Z3	1957/58	95,39	95,30	91,10
Z4	1958/59	83,06	82,88	74,48
Z5	1959/60	100,00	100,00	100,00
Z6	1960/61	100,00	100,00	100,00
Z7	1961/62	100,00	100,00	100,00
Z8	1962/63	100,00	100,00	100,00
Z9	1963/64	100,00	100,00	100,00
Z10	1964/65	100,00	100,00	100,00
Z11	1965/66	100,00	100,00	100,00
Z12	1966/67	100,00	100,00	100,00
Z13	1967/68	100,00	100,00	100,00
Z14	1968/69	100,00	100,00	100,00
Z15	1969/70	100,00	100,00	100,00
Z16	1970/71	100,00	100,00	100,00
Z17	1971/72	100,00	100,00	100,00
Z18	1972/73	100,00	100,00	100,00
Z19	1973/74	100,00	100,00	100,00
Z20	1974/75	90,86	90,77	86,57
Z21	1975/76	90,84	90,66	82,26
Z22	1976/77	61,24	60,97	48,37
Z23	1977/78	100,00	100,00	100,00
Z24	1978/79	100,00	100,00	100,00
Z25	1979/80	100,00	100,00	100,00
Z26	1980/81	99,85	99,76	95,56
Z27	1981/82	68,46	68,27	59,88
Z28	1982/83	64,53	64,25	51,66
Z29	1983/84	34,96	34,59	17,80
Z30	1984/85	67,45	66,99	46,00
Z31	1985/86	100,00	100,00	100,00
Z32	1986/87	100,00	100,00	100,00
Z33	1987/88	100,00	100,00	96,64
Z34	1988/89	100,00	100,00	100,00
Z35	1989/90	72,70	72,60	68,41
Z36	1990/91	100,00	100,00	100,00
Z37	1991/92	100,00	100,00	100,00
Z38	1992/93	71,76	71,67	67,47
Z39	1993/94	73,13	73,13	73,13
Z40	1994/95	91,67	91,67	91,67

ANEXO 8

FIGURA 1 - Localização das albufeiras do sistema multimunicipal



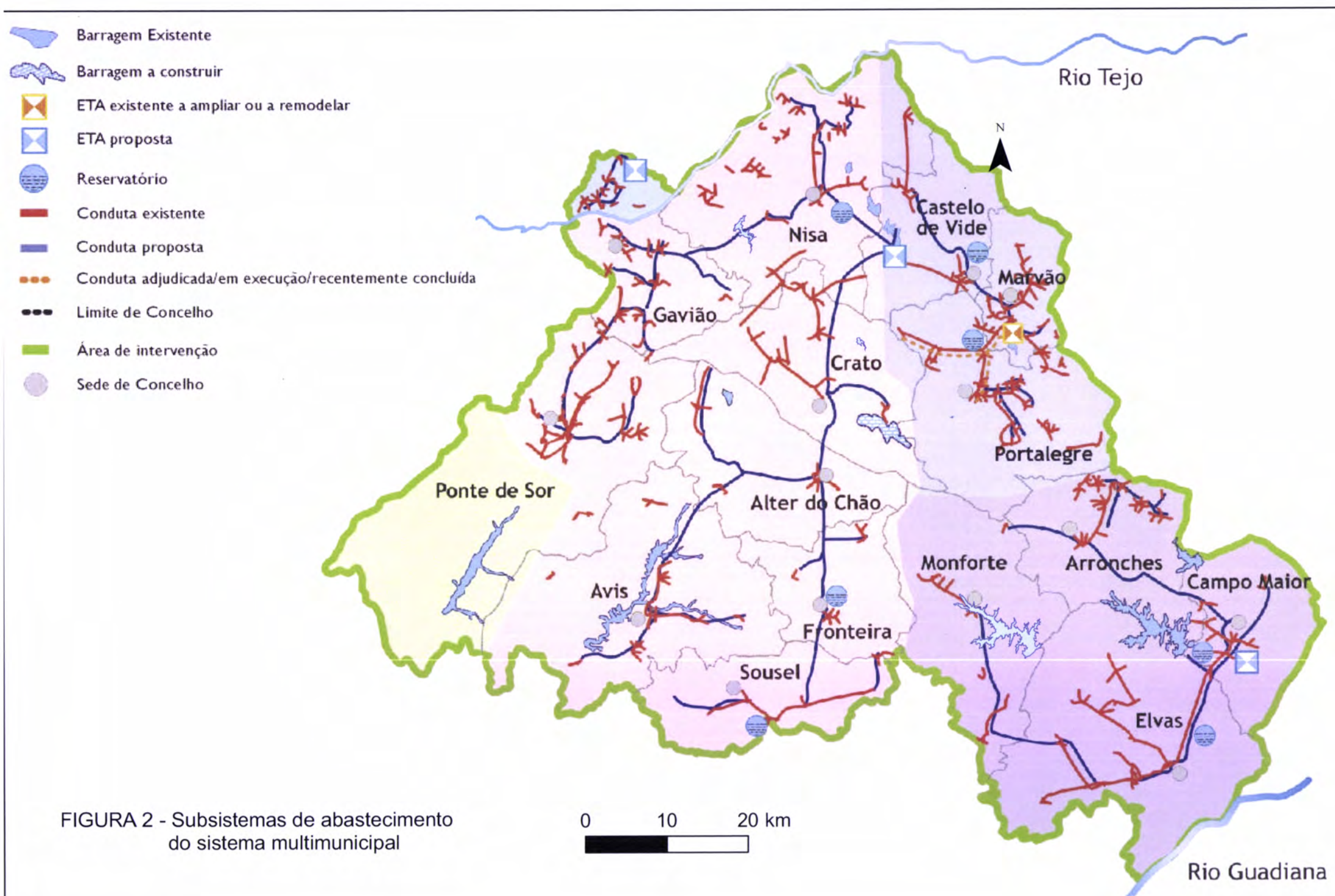


FIGURA 2 - Subsistemas de abastecimento do sistema multimunicipal

FIGURA 3 - Carta do tipo de solos

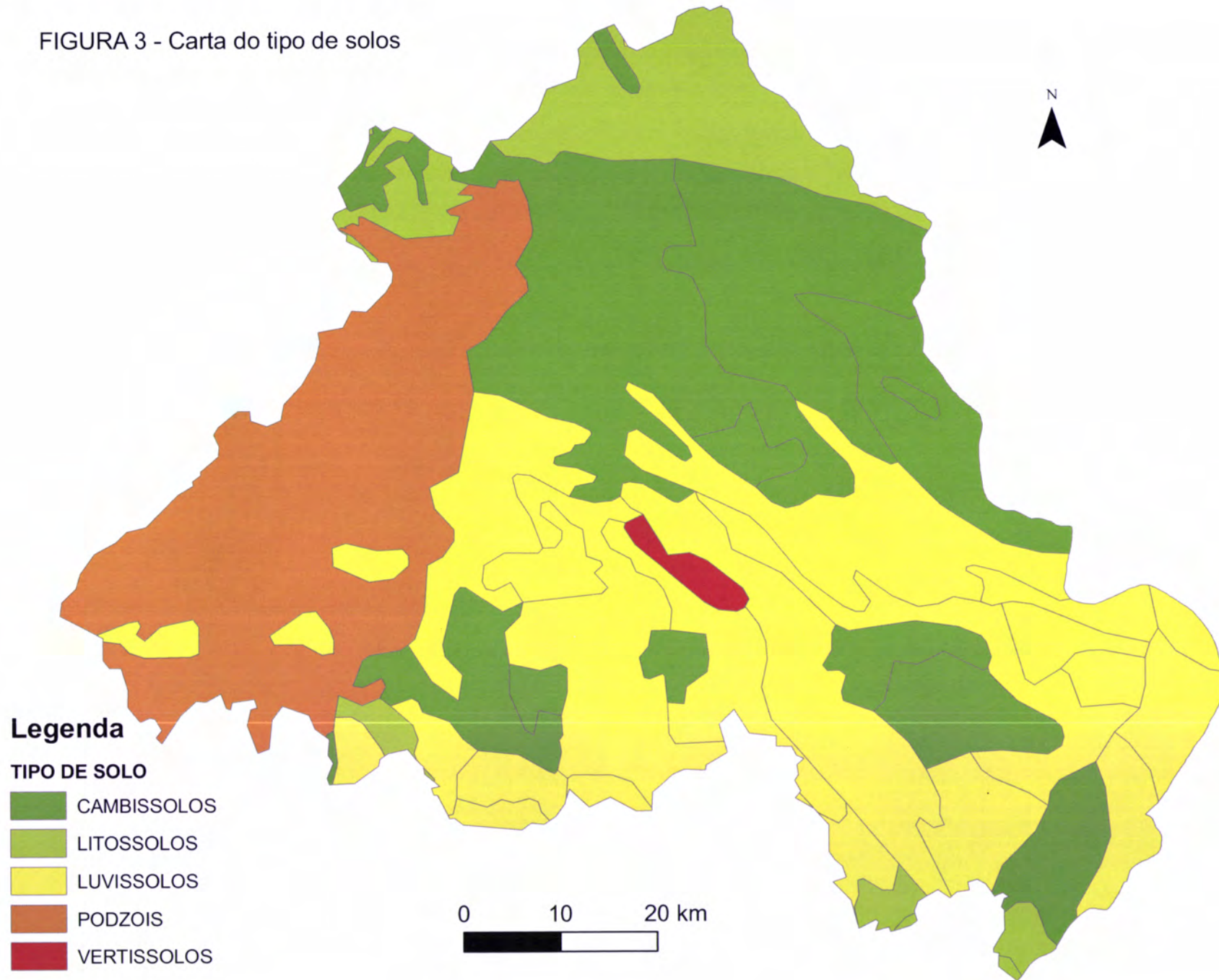
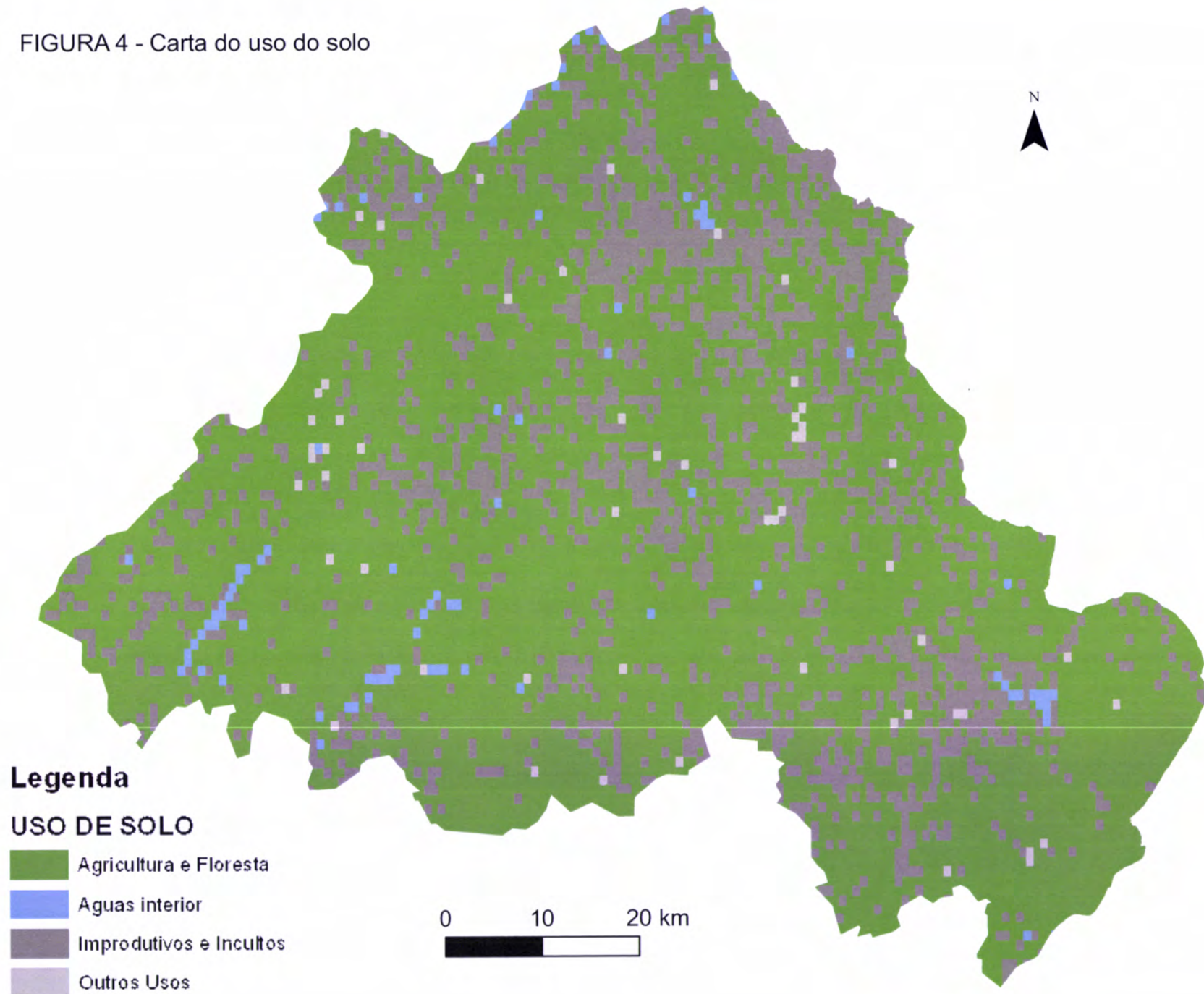


FIGURA 4 - Carta do uso do solo



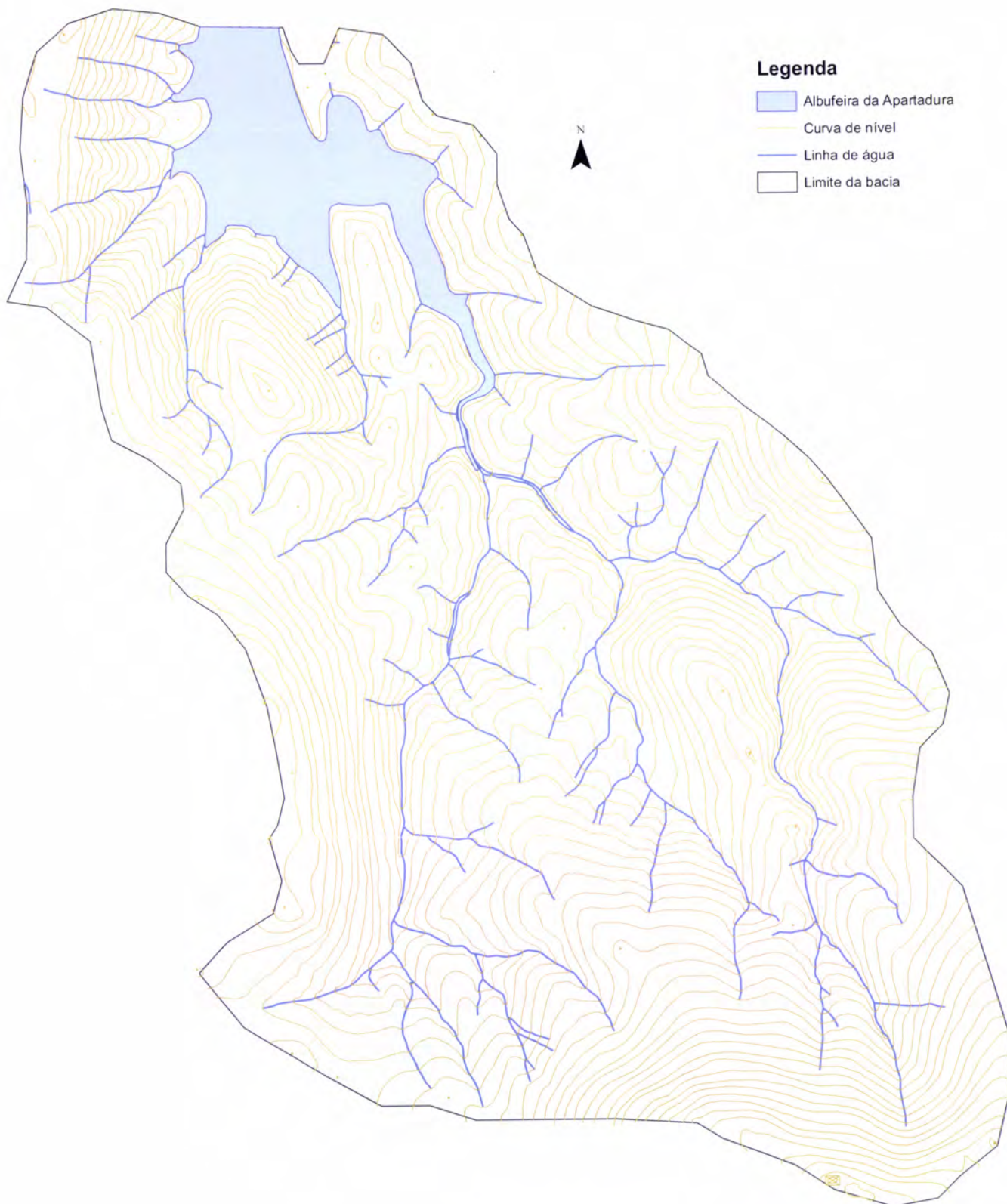


FIGURA 5 - Bacia hidrográfica da ribeira das Reveladas na secção da barragem da Apartadura

FIGURA 6 - Bacia hidrográfica da ribeira de Nisa na secção da barragem da Póvoa



Legenda

- Albufeira da Póvoa
- Linha de água
- Curva de nível
- Limite da bacia

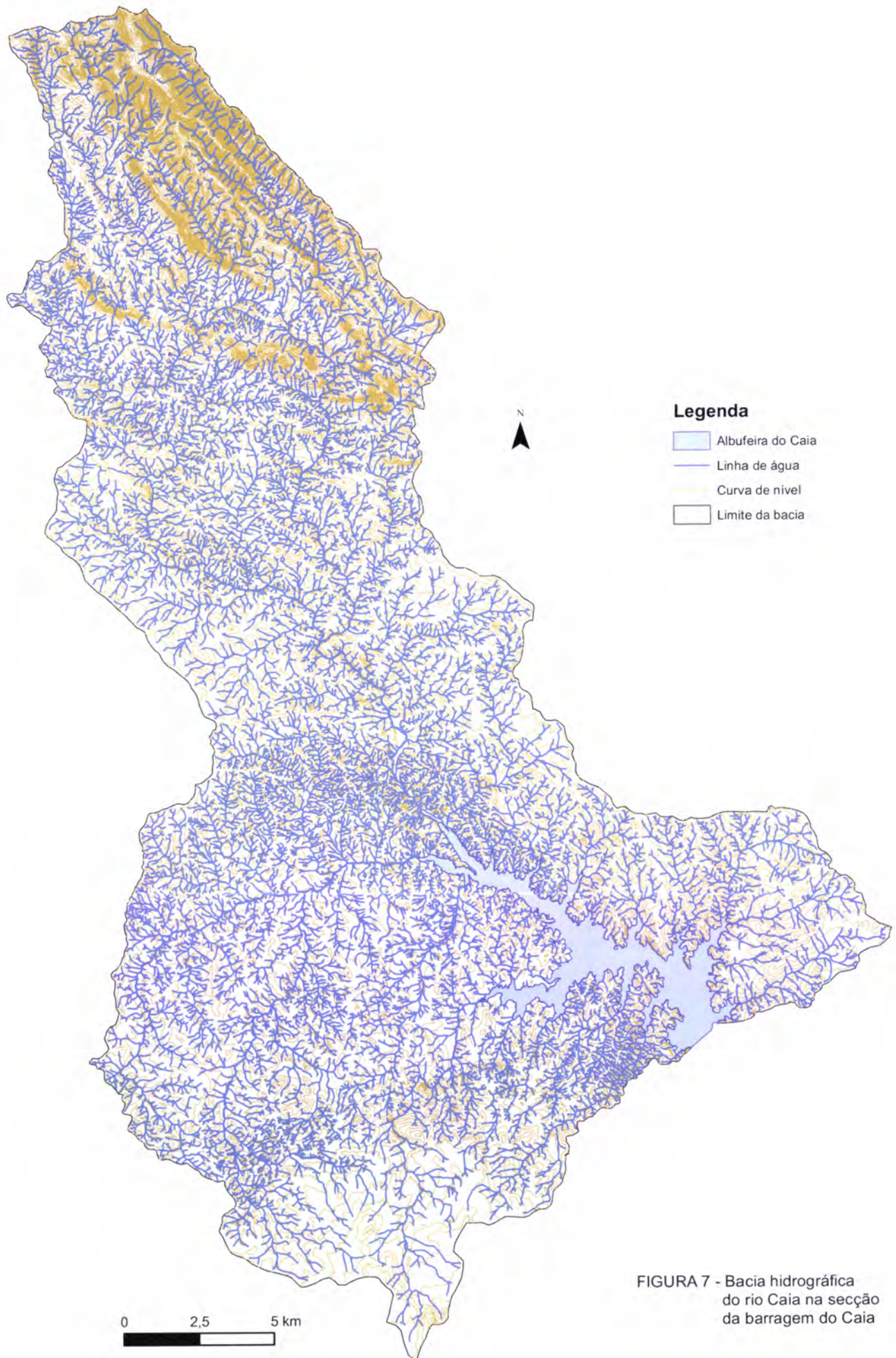


FIGURA 7 - Bacia hidrográfica do rio Caia na secção da barragem do Caia

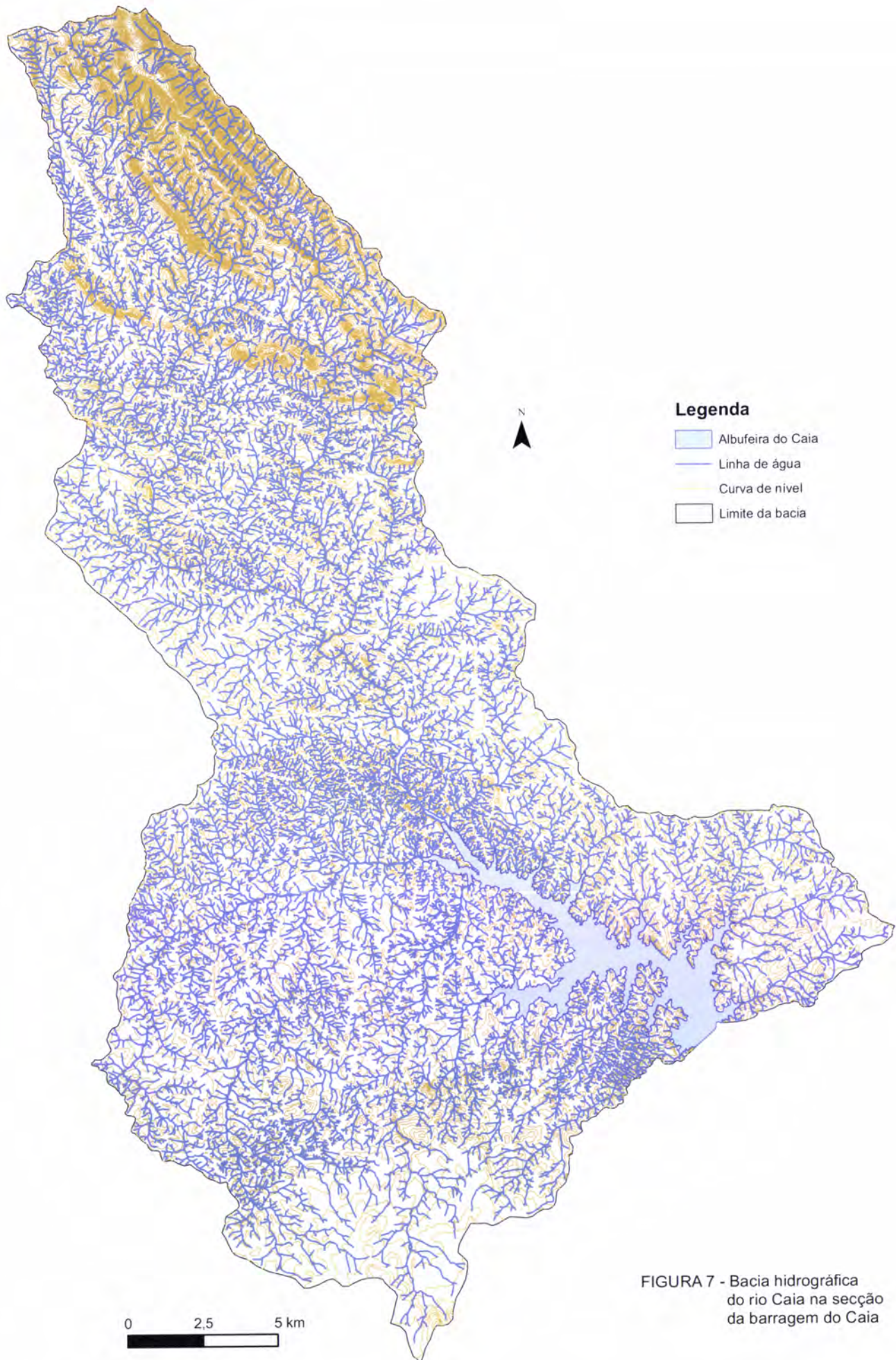
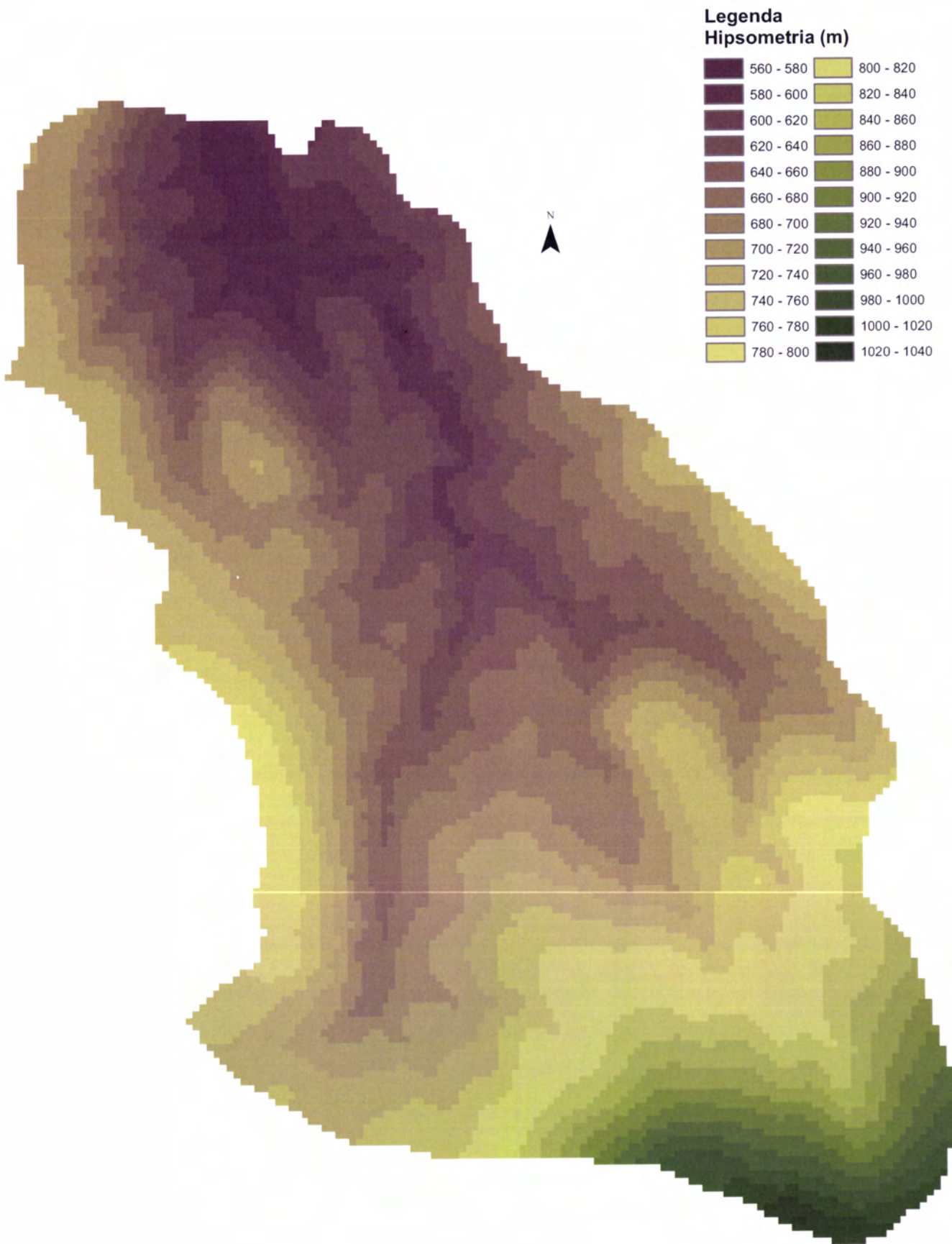


FIGURA 7 - Bacia hidrográfica do rio Caia na secção da barragem do Caia



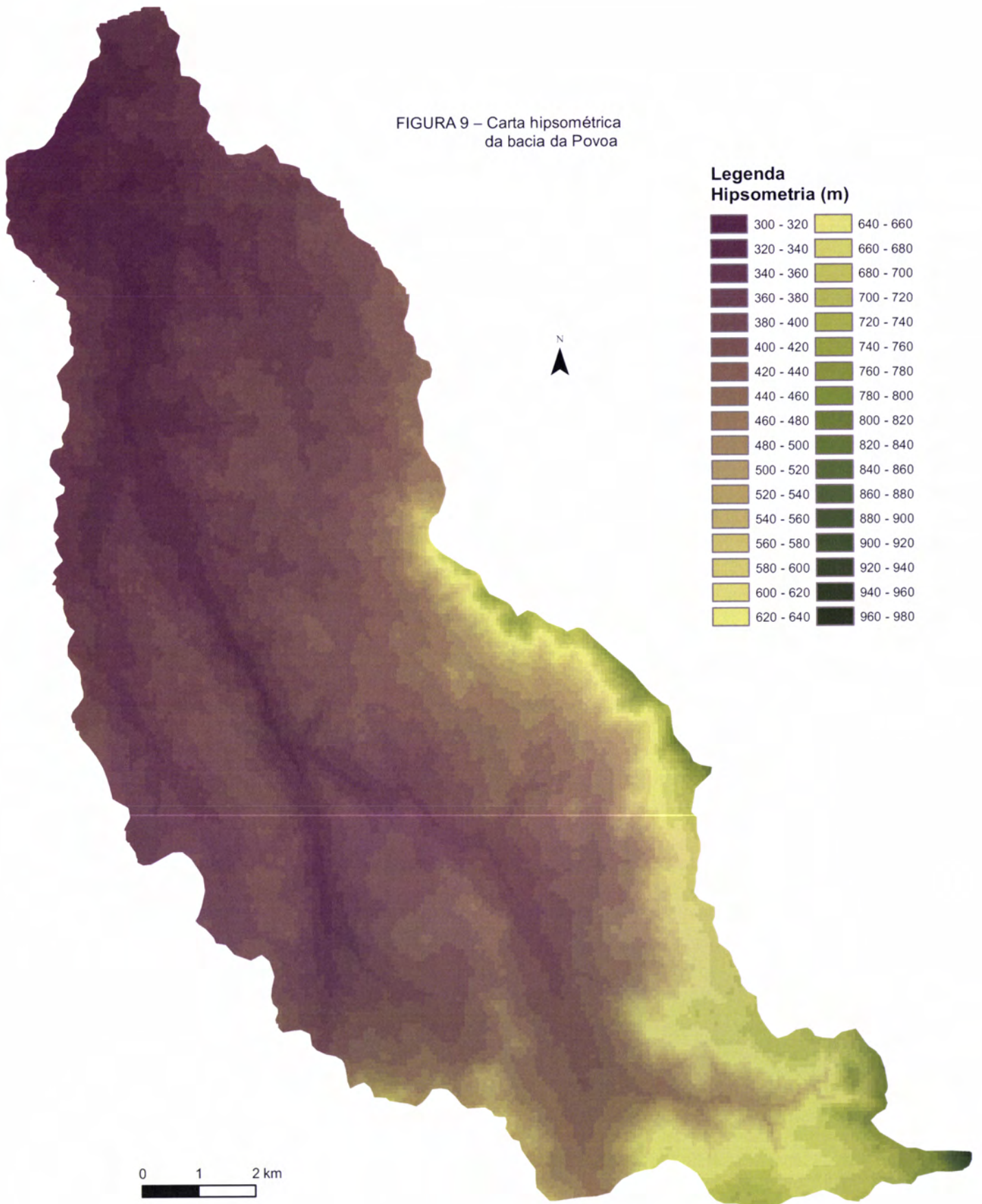
**Legenda
Hipsometria (m)**

560 - 580	800 - 820
580 - 600	820 - 840
600 - 620	840 - 860
620 - 640	860 - 880
640 - 660	880 - 900
660 - 680	900 - 920
680 - 700	920 - 940
700 - 720	940 - 960
720 - 740	960 - 980
740 - 760	980 - 1000
760 - 780	1000 - 1020
780 - 800	1020 - 1040

FIGURA 8 – Carta hipsométrica da bacia da Apartadura

0 0,25 0,5 km

FIGURA 9 – Carta hipsométrica da bacia da Povoá



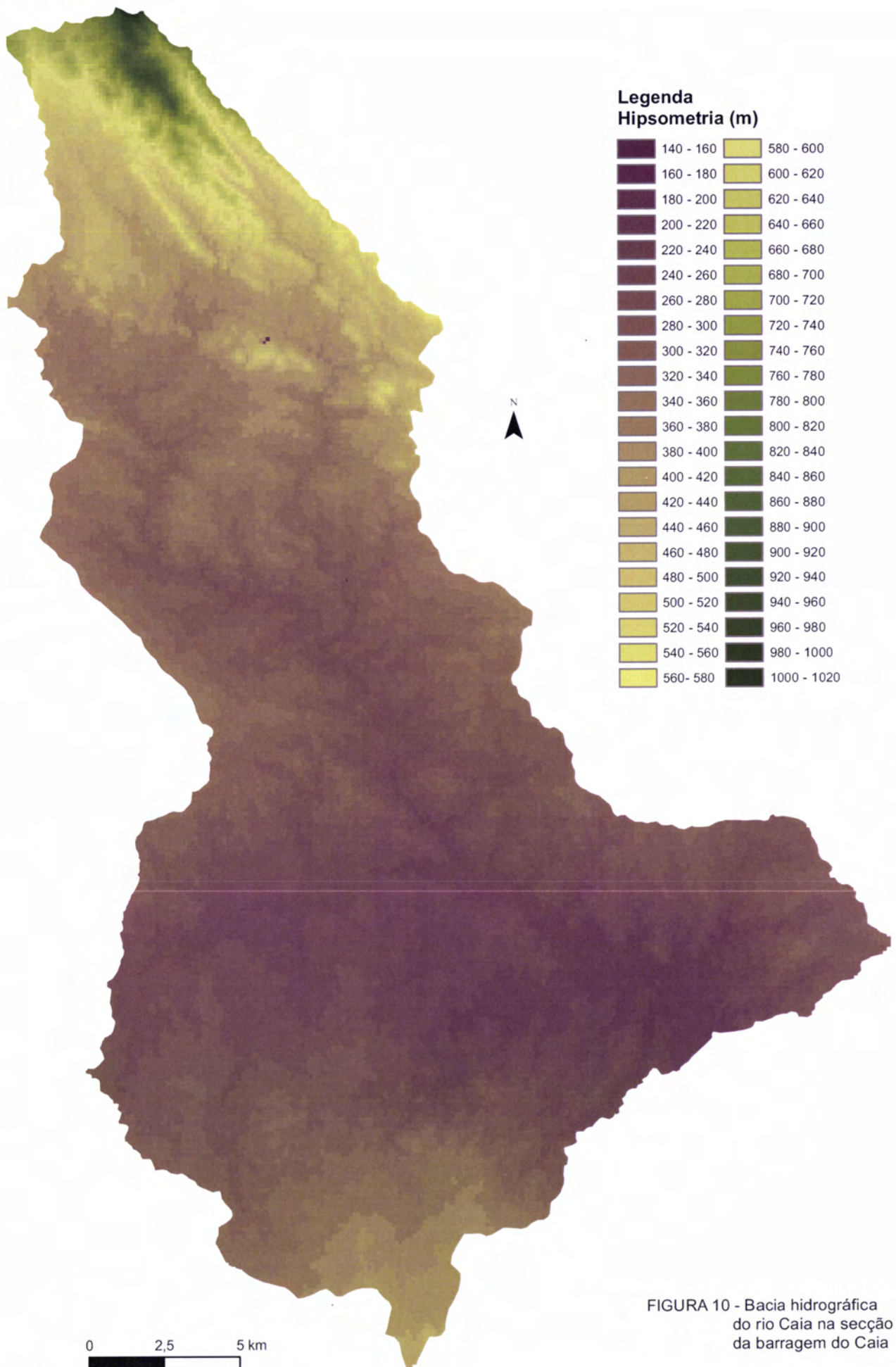


FIGURA 10 - Bacia hidrográfica do rio Caia na secção da barragem do Caia

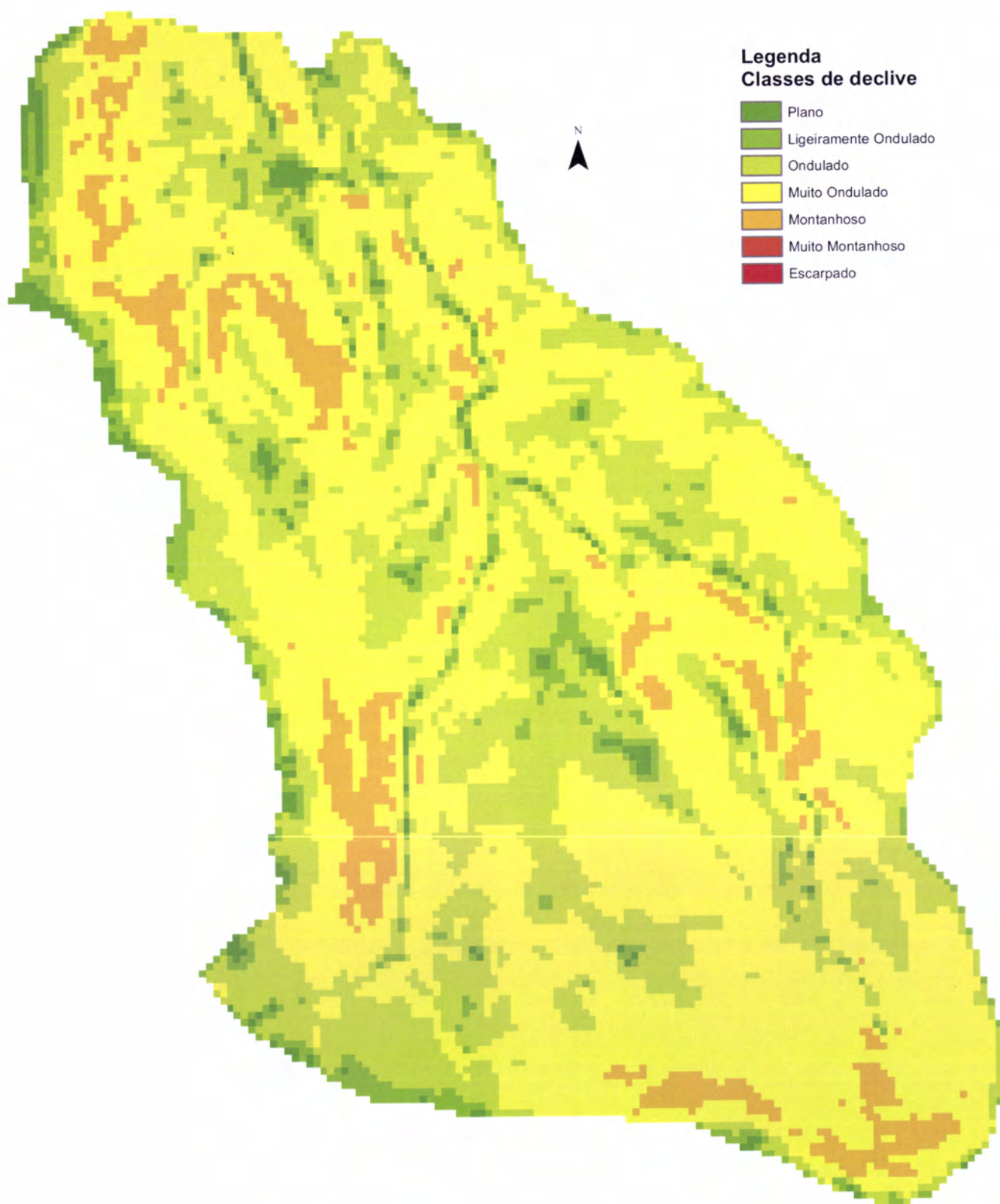
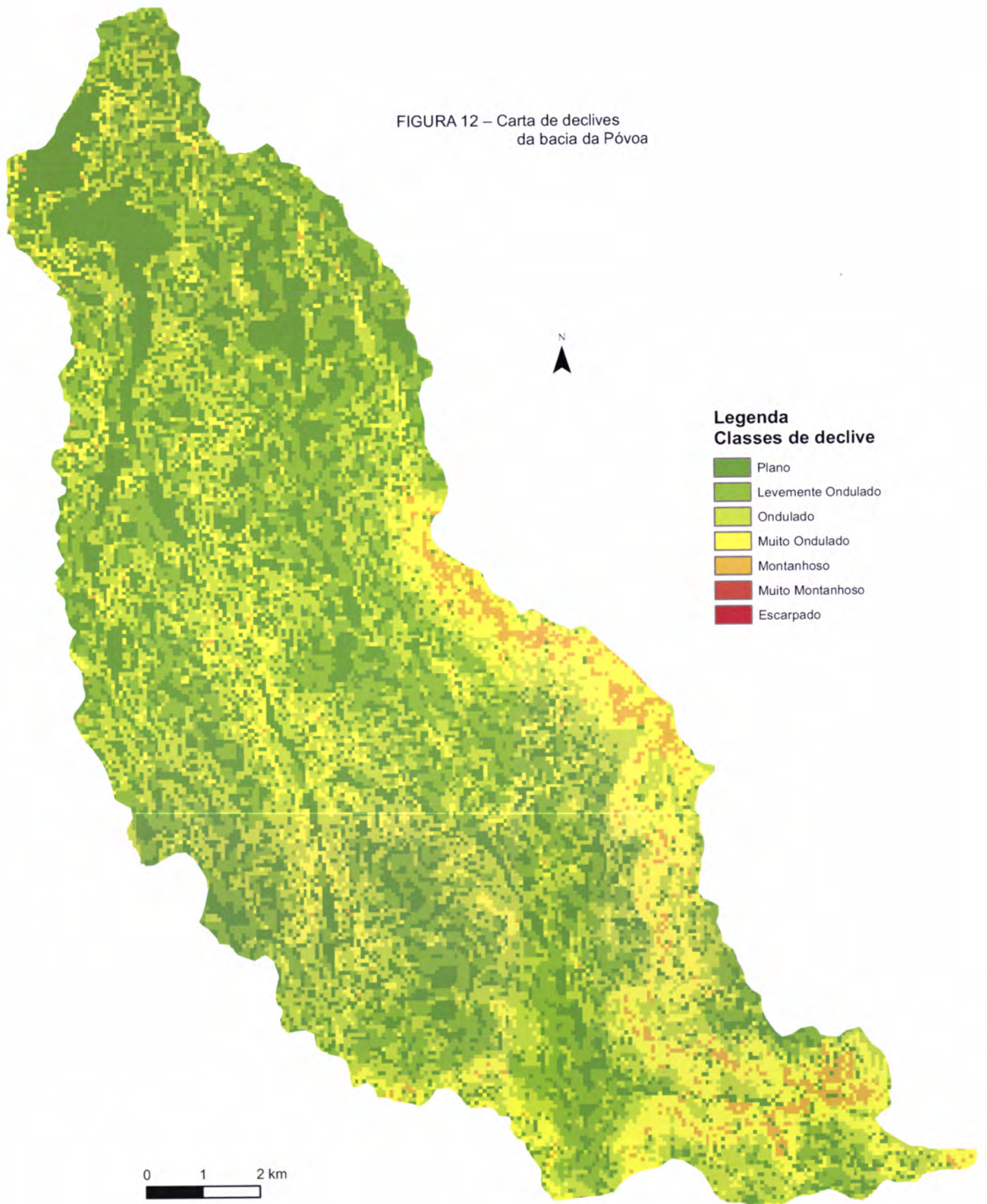


FIGURA 11 – Carta de declives da bacia da Apartadura

FIGURA 12 – Carta de declives da bacia da Póvoa



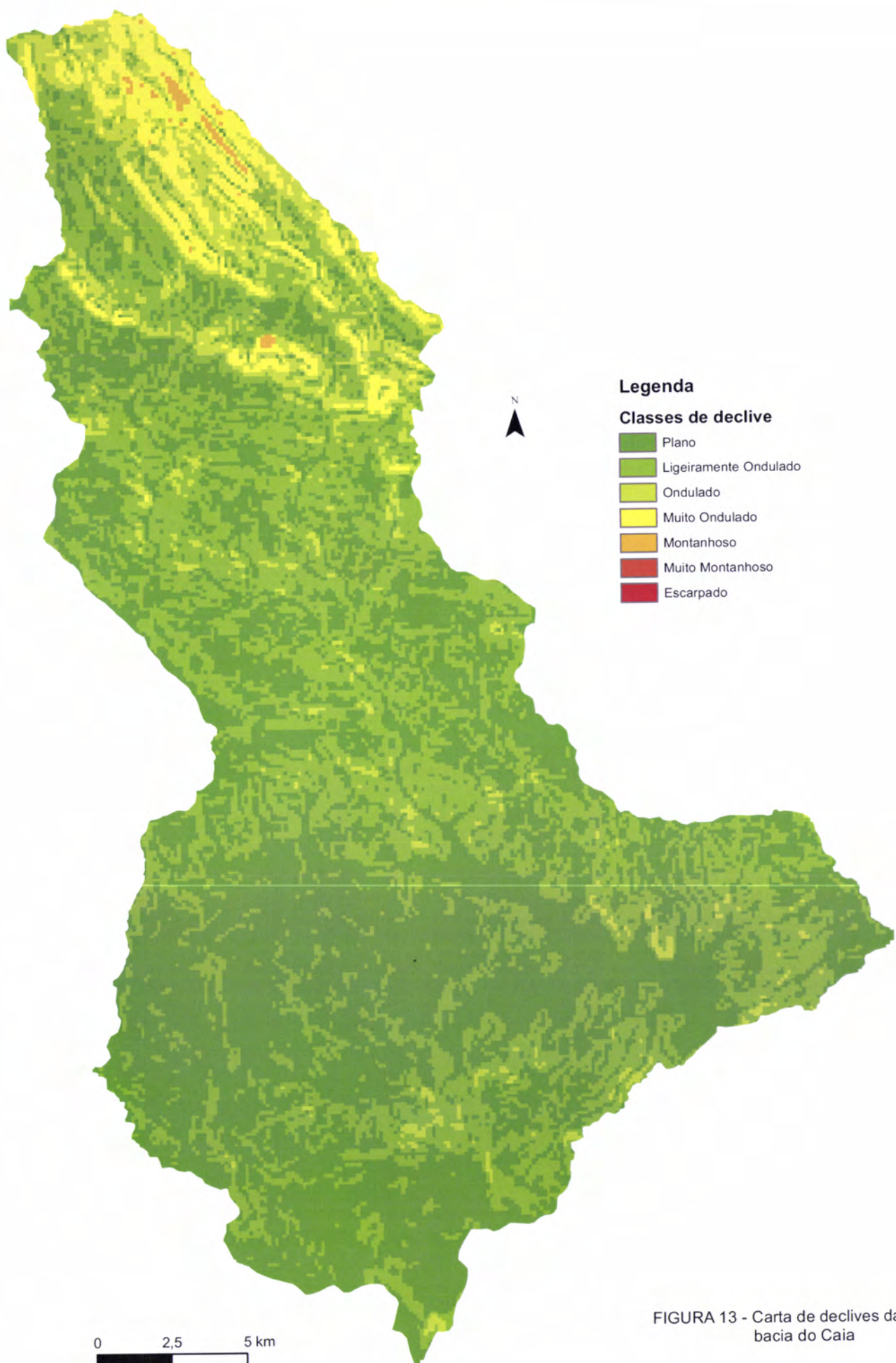


FIGURA 13 - Carta de declives da bacia do Caia

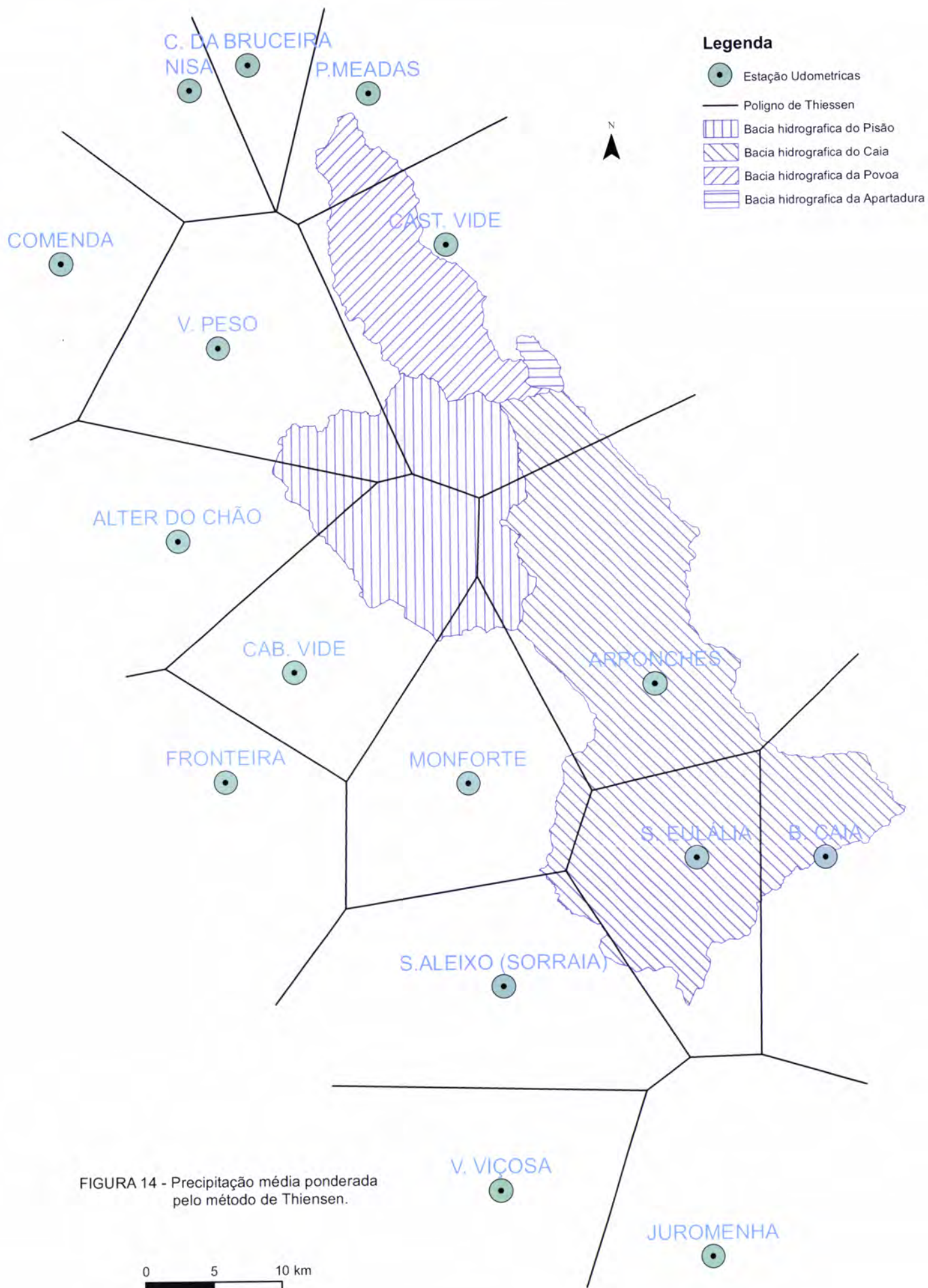
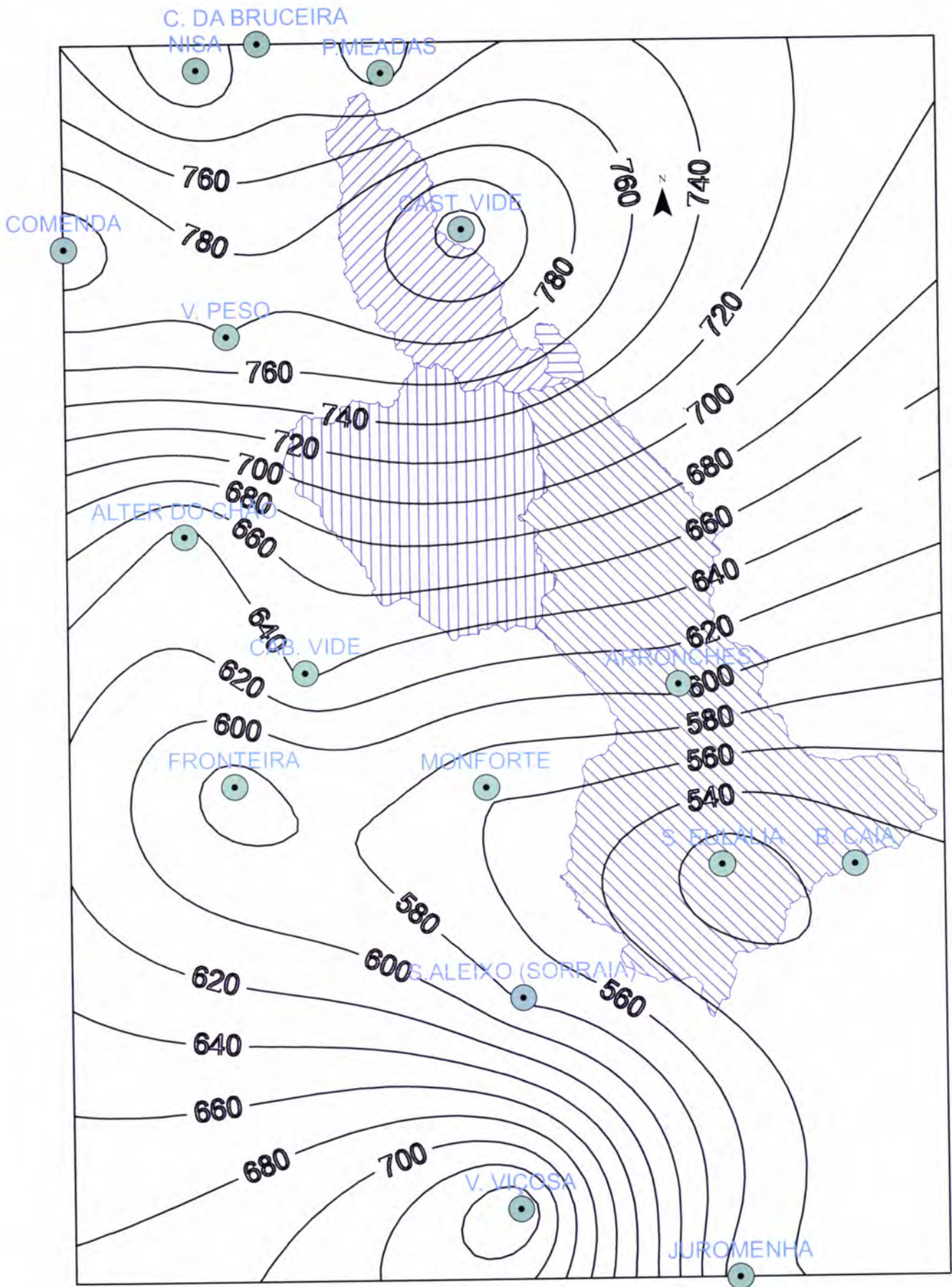








FIGURA 14 - Precipitação média ponderada pelo método de Thiessen.



Legenda

-  Estação Udometricas
-  Isoietas
-  Bacia hidrografica do Pisão
-  Bacia hidrografica do Caia
-  Bacia hidrografica da Povoia
-  Bacia hidrografica da Apartadura

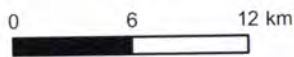


FIGURA 15 - Precipitação média ponderada pelo método das Isoietas.

