

## 2. Estado da arte

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica e a albufeira de Alqueva localizadas no Sul de Portugal, na região do Alentejo. A albufeira de Alqueva situa-se no troço principal do Rio Guadiana constituindo o maior lago artificial da Península Ibérica, com uma esfera de influência supranacional. O encerramento das comportas realizou-se a 8 de Fevereiro de 2002, dando início ao primeiro enchimento da albufeira de Alqueva.

#### 2.1.1. Bacia hidrográfica do rio Guadiana

O Guadiana, sendo um rio internacional, dá origem à quarta maior bacia hidrográfica da Península Ibérica, onde apenas 17,2 % da sua área total (66 800 km<sup>2</sup>) se localizam em solo português. O rio Guadiana nasce nas lagoas de Ruidera, em Campo Montiel (Espanha) a 1 700 m de altitude, estendendo-se por 810 km até à sua foz no Oceano Atlântico, entre Vila Real de Santo António e Ayamonte. Em território português o rio percorre 260 km, dos quais 110 km são fronteiriços. A bacia estende-se na direcção E-W em Espanha e N-S em Portugal (Figura 2.1).

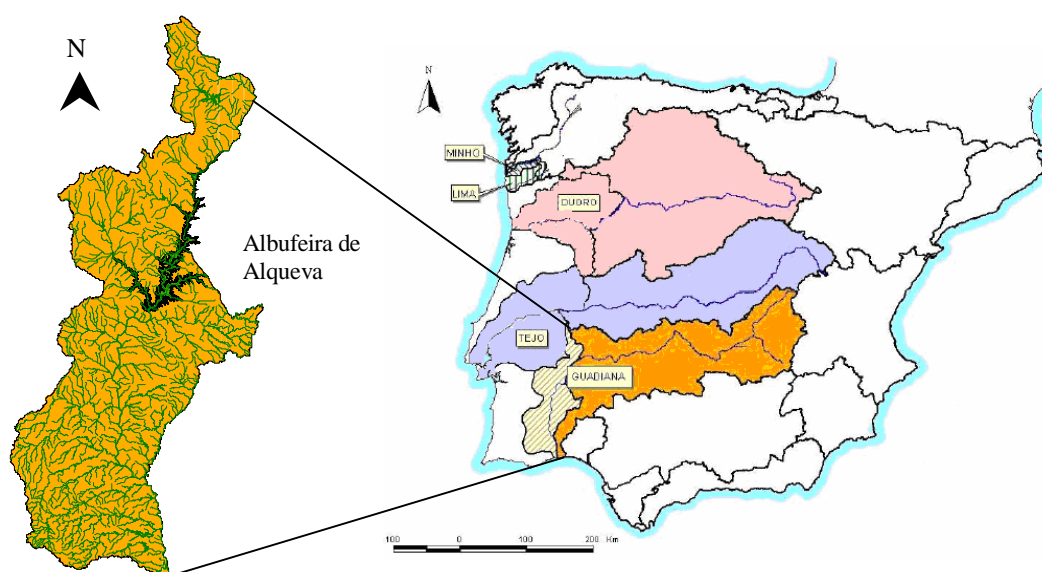


Figura 2.1 – Bacias hidrográficas Luso-Espanholas (adaptado de MAA (2006)) e bacia hidrográfica portuguesa do Guadiana.

A bacia, estreita e comprida, é acompanhada de vales encaixados, maioritariamente entre os 50 e os 100 m de altitude, com uma rede hidrográfica muito densa. Os seus principais afluentes em Portugal são os rios Caia, Degebe, Cobres, Vascão e Odeleite, na margem direita e Ardila e Chança na margem esquerda. O perfil longitudinal é muito regular com excepção da planície aluvial onde o rio se espraia entre Mérida e Badajoz (INAG, 2006a).

### **2.1.2. O empreendimento de Alqueva**

O projecto da barragem de Alqueva teve início nos anos 50, tendo surgido no 2.º Plano de Fomento do Estado Novo, integrado no Plano de Rega do Alentejo. Os principais objectivos eram o desenvolvimento da região, com o abastecimento de água a uma parte significativa do Baixo Alentejo, de modo a satisfazer as necessidades das populações e proporcionar água de rega.

As albufeiras de Alqueva e de Pedrógão são parte da estratégia de desenvolvimento económico da região do Baixo Alentejo, integradas no projecto de Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA). Este tem como objectivo o abastecimento público, a rega e a produção de energia eléctrica, a partir desta reserva estratégica de água, criando um plano de água contínuo.

O EFMA (criado pelo Decreto-Lei n.º 33/95, de 11 de Fevereiro) representa uma obra de aproveitamento estratégico dos recursos naturais e tem como finalidade o desenvolvimento regional económico e social. Como resultado da magnitude dos impactes ambientais e sociais, o EFMA tem sido um projecto controverso.

A Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A. (EDIA) foi criada pelo Ministério do Planeamento e da Administração do Território no Decreto-Lei n.º 32/95, de 11 de Fevereiro. Tem como objectivos a concepção, a execução, a construção e a exploração do EFMA.

Segundo o Decreto-Lei que o criou, tem os seguintes objectivos:

- Constituir uma reserva estratégica de água que regularize o rio Guadiana;
- Garantir o abastecimento de água para consumo industrial, agrícola e humano (regularizar o abastecimento nos distritos de Beja e Évora);

- Alterar o sistema agrícola do sul do país, de sequeiro para regadio, disponibilizando uma área de rega de 110 mil hectares;
- Produzir energia hidroelétrica;
- Criar potencialidades turísticas a partir das margens da albufeira;
- Combater a desertificação física e as alterações climáticas com a introdução de um coberto vegetal que permita a fixação dos solos, combatendo a erosão;
- Articular o ambiente e o ordenamento do património, potenciando as áreas de relevância temática;
- Dinamizar o mercado de emprego regional.

### 2.1.3. Barragem de Alqueva

A barragem é do tipo Arco – Abóbada (de dupla curvatura), localizada a 38° 11' 43'' de latitude e 7° 29' 42'' de longitude, fundada em rocha, tem uma cota de 154 m, com um coroamento de 458 m de comprimento e 7 de largura, localizado a 96 m acima da fundação. Apresenta dois descarregadores de superfície tipo soleira WES<sup>4</sup> com canal a jusante em forma de trampolim como forma de dissipação de energia, cuja cota da crista é de 139 m, descarregando cerca de 6 300 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. A barragem tem ainda um descarregador de fundo incorporado na galeria de derivação provisória, em que a secção da conduta é de 3 m, com dissipação de energia sob a forma de trampolim e um caudal máximo de 160 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (EDIA, 2004; CNPGB, 2007).

A central hidroelétrica, situada no pé da barragem com bombagem, está equipada com 2 grupos reversíveis tipo Turbo/Francis, com uma potência máxima no eixo de 120 MW por grupo e produz num ano médio 269 GWh de energia (INAG, 2000a; CNPGB, 2007). A barragem de Pedrógão, situada a 22,3 km a jusante da barragem de Alqueva, desempenha a função de: (i) atenuar o impacto da concentração dos caudais turbinados na central de Alqueva; e (ii) maximizar os benefícios da componente hidroelétrica do empreendimento, exercendo contra-embalse da barragem de Alqueva. Esta condição permite que a central hidroelétrica de Alqueva possa funcionar de forma reversível,

---

<sup>4</sup> Waterways Experiment Station – United States Army Corps of Engineers

aproveitando os períodos de tarifa de electricidade mais económicos. A barragem é em betão compactado com cilindros, com o perfil de gravidade e cerca de 42 m de altura.

A albufeira de Alqueva situa-se na bacia hidrográfica do Guadiana, mais propriamente no leito do rio a 11 km a NW de Moura, no distrito de Beja. A albufeira criada com o nível de pleno armazenamento (NPA) à cota 152 m, estende-se por 83 km com margens dentiformes a ultrapassar os 1 100 km de extensão e uma área de drenagem aproximada de 55 000 km<sup>2</sup>, em que apenas 4 310 km<sup>2</sup> são em Portugal (Figura 2.2) repartidos por dezasseis concelhos.

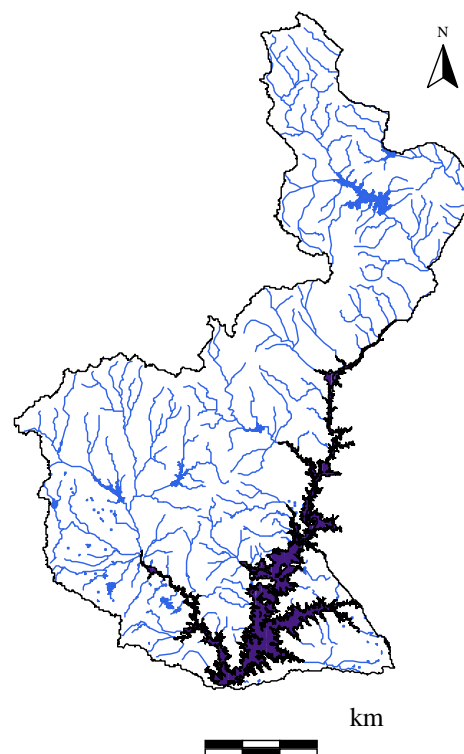


Figura 2.2 – Bacia hidrográfica portuguesa da albufeira de Alqueva.

A albufeira que ainda se encontra na fase do primeiro enchimento, terá um espelho de água de 250 km<sup>2</sup>, distribuídos por oito concelhos portugueses: Elvas, Alandroal, Vila Viçosa, Évora, Reguengos de Monsaraz, Mourão, Portel e Moura. Juntamente com os 35 km<sup>2</sup> em Espanha, província de Badajoz e Comunidad de Extremadura, a albufeira originará um volume total de armazenamento de 4 150 hm<sup>3</sup> dos quais 3 150 hm<sup>3</sup> são capacidade útil (EDIA, 2004).

### 2.1.4. Hidrografia

A albufeira de Alqueva apresenta três braços principais (Figura 2.3) que se estendem ao longo dos vales do rio Guadiana, do rio Degebe e do rio Alcarrache:

- rio Guadiana, constituindo o troço principal, com um comprimento aproximado de 91 km; e uma amplitude de valores de largura bastante elevada, com um valor médio de 2 100 m. A profundidade a média deste troço é de 17 m, oscila entre o valor máximo junto ao coroamento, até valores muito próximos de zero em Jorumenha;
- rio Degebe, localizado na margem direita da albufeira com uma área de drenagem aproximada de 1 539 km<sup>2</sup>, um comprimento de 34 km e uma largura média de 700 m;
- ribeira de Alcarrache, com uma bacia hidrográfica com cerca de 991 km<sup>2</sup> (parte portuguesa 203 km<sup>2</sup> e 789 km<sup>2</sup> na parte espanhola), um comprimento de 19 km e uma largura média de 1 500 m, situado na margem esquerda da albufeira (INAG, 2006a e Trindade, 2005).

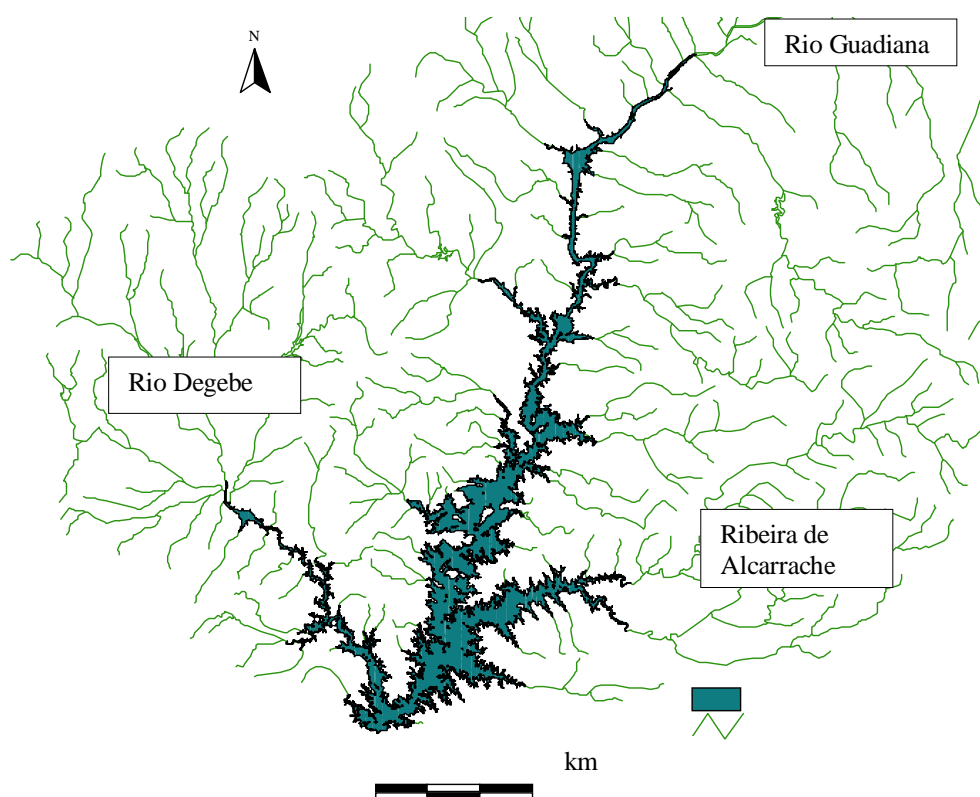


Figura 2.3 – Rede Hidrográfica da albufeira de Alqueva, com identificação dos três braços principais.

Os principais cursos de água afluentes à albufeira de Alqueva, para além dos três troços já referidos, são: Caia, Mures, Asseca, Pardais, Lucefécit, Azével e Álamos na margem direita; Olivença, Frigamiñoz, Táliga (Ribeiras Espanholas), Amoreira e Alcarrache na margem esquerda. A Tabela 2.1 apresenta as áreas drenantes de cada sub-bacia e na Figura 2.4 é possível observar a sua localização geográfica. Nesta figura, a sub-bacia denominada “Ribeiras Espanholas” inclui as bacias hidrográficas do rio de Olivença, da ribeira da Charca, do ribeiro da Figueira dos Freixiais, do regato de Valongo, do regato do Pinheiro, da ribeira de São Bento, da ribeira de Taliga, do regato da Bufanda, do arroio del Carambio, do arroio del Morón, do arroio de Arriba, do arroio de los Cabrilos, do arroio Frigamiñoz e do arroio de Santa Catalina.

Tabela 2.1 – Principais rios drenantes da bacia hidrográfica da albufeira de Alqueva e respectivas áreas de escoamento.

Bacia Hidrográfica		Bacia Hidrográfica	
Margem direita	Área (km <sup>2</sup> )	Margem esquerda	Área (km <sup>2</sup> )
Ribeira de Mosqueiros	16.70	Rio de Olivença**	297.52
Ribeira de Varche	52.92	Ribeira de Charca**	73.33
Ribeira de Mures	93.10	Ribero de Figueira dos Freixiais**	56.13
Ribeira de Asseca	165.31	Regato do Valongo**	17.19
Ribeira de Pardais	47.48	Ribeira de São Bento**	55.33
Ribeira de Províncias	18.27	Ribeira de Taliga**	163.98
Ribeira de Lucefecit	356.93	Arroio del Carambio**	33.60
Ribeira de Azével	99.29	Arroio del Moron**	23.54
Ribeira de Pêga	24.38	Arroio de los Cabrilos**	48.49
Ribeira de Álamo	91.50	Arroio Frieganunoz**	130.59
Ribeira de Cabanas	26.53	Arroio de Santa Catalina**	30.70
Rio Degebe	1172.20	Ribeira de Cunchos*	42.23
Afluente Rio Degebe 1	53.72	Ribeira de Vinhas	18.47
Afluente Rio Degebe 2	24.73	Ribeira de Alcarrache**	426.70
Ribeira de Cagavai	16.49	Ribeira de Guadalim*	363.56
Ribeira de Amieira	53.68	Ribeira de Zebro	57.37
Ribeira de Calastrão	15.56	Arroio de Arriba***	3.33
Ribeira de Codis	17.18	Regato do Pinheiro***	5.26
		Regato da Bufanda***	11.05
<b>Total</b>	<b>2345.95</b>		<b>1858.36</b>

Área restante Total 863.32

Nota: \* Bacias comuns a Portugal e Espanha\*\* Bacias exclusivamente espanholas \*\*\* Bacias exclusivamente espanholas mas de pouca expressão – não estão ordenadas de montante para jusante.

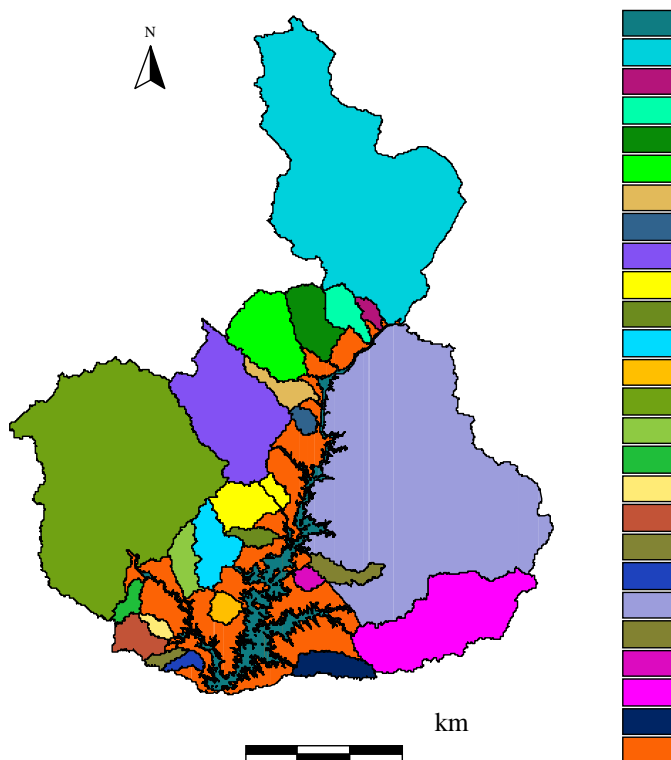


Figura 2.4 – Sub-bacias hidrográficas da albufeira de Alqueva.

A Sub-bacia, designada como “montante da albufeira de Alqueva”, na ilustração, contempla unicamente a parte portuguesa, onde estão abrangidas as bacias hidrográficas das ribeiras de Can-cão e Lã e do rio Caia. Porém, para efeitos do presente trabalho, todas as sub-bacias a montante da albufeira são aglutinadas numa só, com ponto de referência no início do regolfo da albufeira de Alqueva.

### 2.1.5. Climatologia

O clima da bacia é bastante homogéneo com características mediterrânicas secas: acentuadas amplitudes térmicas; verões secos com temperaturas médias altas; precipitação fraca e concentrada no período de Inverno; baixa humidade relativa e nebulosidade; e elevada insolação e evapotranspiração.

Em termos gerais, a bacia hidrográfica do Guadiana é qualificada como sendo do tipo Csa, segundo a classificação de Köppen, isto é: “C” – mesotérmico: clima temperado húmido; “sa” – com Inverno chuvoso e verão seco (em que a temperatura do mês mais frio do ano varia entre 0° C e 18° C; “s” -

Verão seco; “a” - Verão quente, em que a temperatura média do mês mais quente do ano é superior a 22° C) (Köppen e Geiger, 1928; Köppen 1931). Segundo a classificação de Thornthwaite (classificação pelo índice hídrico) o clima da bacia é Mesotérmico (B'3 e B'2). É Mesotérmico (pouco) Húmido (B1) na região Norte, Mesotérmico Sub-húmido Seco (C1) em toda a bacia, com exceção da zona de Moura, onde o clima é Semi-árido (D) (Thornthwaite, 1948; Morais, 1995; INAG, 1999a; IA, 2003).

#### **a) Temperatura do ar**

Na região em que se insere a albufeira de Alqueva, a temperatura é influenciada pela continentalidade, latitude, relevo e exposição aos ventos. Em termos gerais, a temperatura média anual ronda os 16° C; em média, o mês mais quente é Junho e o mês mais frio Janeiro. A média das temperaturas mínimas ronda os 4° C e a média das máximas os 34° C. A temperatura média anual da bacia tem uma pequena variação longitudinal aumentando de N-S (Figura 2.5). Nos meses mais quentes a temperatura média é de 26° C, enquanto que nos meses mais frios a temperatura é de 9° C (INAG, 1999a; IA, 2003).

#### **b) Precipitação**

A precipitação anual é distribuída uniformemente sobre a bacia e, num panorama mensal, 80 % do total anual de precipitação ocorre no período Outubro – Abril. Os meses de Julho e Agosto têm precipitações praticamente nulas. Muitas vezes a passagem de estações é muito brusca. O valor médio anual ponderado é de 550 mm (Figura 2.5). Em anos secos este valor desce para os 450 mm e em anos húmidos o valor máximo pode atingir os 1 100 mm onde o relevo é mais acentuado. As zonas menos pluviosas correspondem ao vale do Guadiana, na zona de Moura e entre Serpa e Alcoutim (INAG, 1999a; IA, 2003).

#### **c) Escoamento**

Entre anos secos e anos húmidos as amplitudes dos valores de escoamento, assim como dos de precipitação, são muito acentuadas. Esta variação conjuga-se com a variabilidade intra-anual em que

---

podem ocorrer severas estiagens (3 meses em média), desprovendo o leito de escoamento. A bacia, em regime natural, transporta um escoamento anual médio de 150 mm e um valor global de 6 700 hm<sup>3</sup>, em que 4 900 hm<sup>3</sup> são provenientes da parte espanhola da bacia (Figura 2.5).

O escoamento afluente à barragem de Alqueva é fortemente dependente das afluências provenientes de Espanha, sobretudo da gestão das albufeiras existentes nesse país, visto totalizarem cerca de 97 % da capacidade de armazenamento instalada na bacia. Embora a contribuição espanhola tenha reduzido para 55 % o escoamento médio anual em regime natural (INAG, 1999b; INAG, 2000b; IA, 2003), a assinatura e a ratificação da Convenção sobre Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas estabelece o valor de 600 hm<sup>3</sup> como valor mínimo anual de escoamento que deve afluir a Portugal na secção de Badajoz (Convenção de Albufeira, 1998).

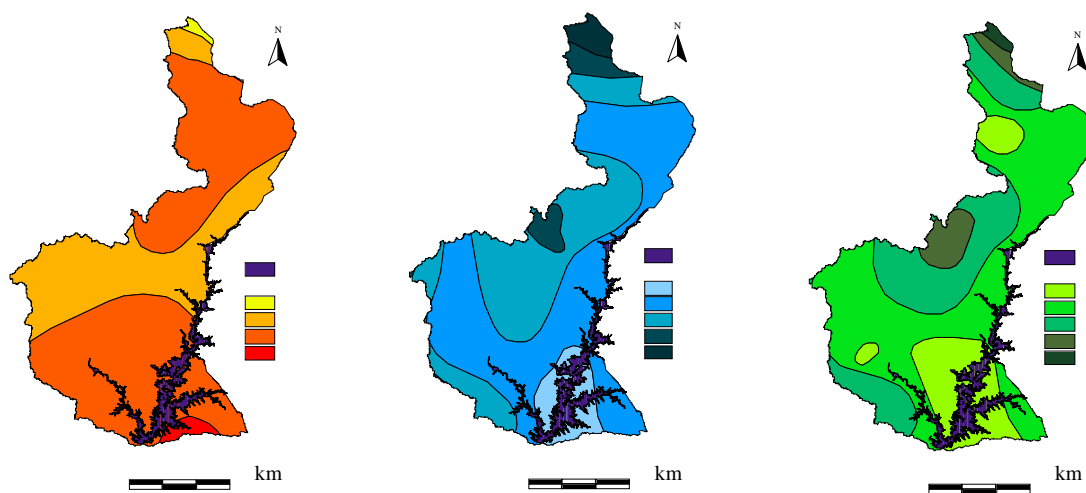


Figura 2.5 – Distribuição espacial da temperatura do ar média anual (°C), precipitação anual total (mm) e escoamento médio anual (mm) na bacia hidrográfica da albufeira de Alqueva - da esquerda para a direita

(adaptada de IA (2003)).

#### d) Insolação e nebulosidade

Em função da elevada nebulosidade, a insolação é baixa no período chuvoso e pelo contrário, a insolação é alta na estação seca. A insolação anual ponderada é de 2 829 horas (Figura 2.6), sendo o mês de Julho, aquele que apresenta maior tempo de exposição solar (370 horas) e Dezembro, o de

menor (147 horas). A insolação apresenta heterogeneidade espacial, sendo gradualmente maior para Sul. A nebulosidade diminui de Norte para Sul, apresentando um nível médio de 4 (escala de 0 a 10 por números inteiros) (INAG, 1998a; IA, 2003).

#### **e) Humidade relativa do ar**

O estado higrométrico do ar atinge valores mais elevados no Inverno (sendo o mês de Janeiro, o mais húmido com 88 % de humidade relativa) e mais baixos no Verão (com o mês de Julho a registar o valor mínimo de 59 %). A humidade relativa ponderada para a bacia da albufeira de Alqueva é de 75 % (Figura 2.6). Ao longo do dia, a humidade relativa do ar atinge valores mínimos durante a tarde coincidindo com o período de máxima temperatura diária (INAG, 1999a; IA, 2003).

#### **f) Vento**

Os ventos do quadrante NW são dominantes durante a maior parte do ano com maior expressão no Verão. Além destes, no Inverno sobressaem também os ventos orientados de NE e SW. A velocidade média anual na bacia é de  $8,7 \text{ km.h}^{-1}$ , sendo Março o mês mais ventoso ( $9,3 \text{ km.h}^{-1}$ ) e Novembro o menos ventoso ( $7,9 \text{ km.h}^{-1}$ ) (INAG, 1998a).

#### **g) Evapotranspiração**

A evapotranspiração média anual de referência da bacia é de 1 227 mm pelo método de Penman-Monteith (FAO, 1998), com Julho a registar os valores mais elevados (204 mm) e Dezembro os valores mais baixos (29 mm). De acordo com a Figura 2.6, a evapotranspiração apresenta uma distribuição regular ao longo da bacia (INAG, 1998a; IA, 2003).

---

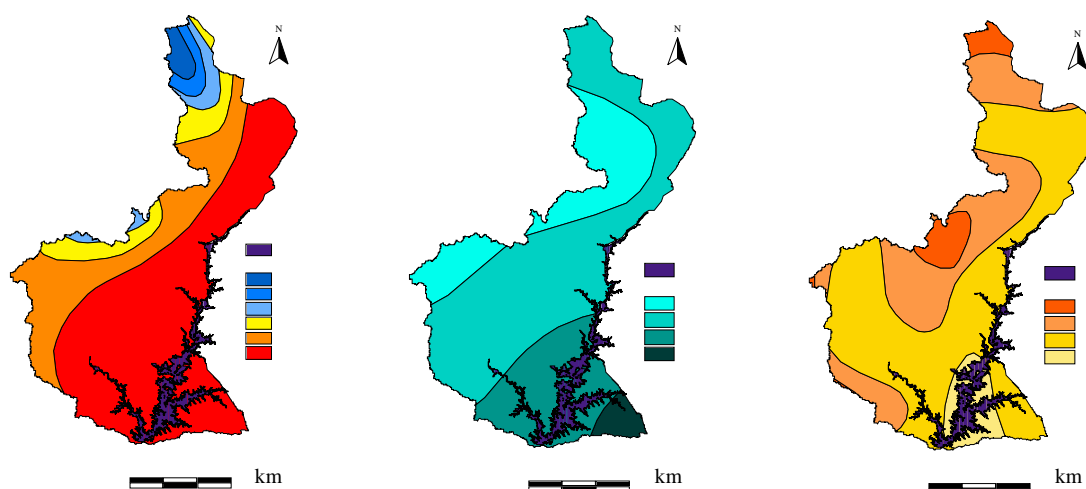


Figura 2.6 – Distribuição espacial da insolação média anual (horas), humidade relativa do ar (%) às 9 T.M.G (média anual) e evapotranspiração real média anual (mm) na bacia hidrográfica da albufeira de Alqueva - da esquerda para a direita (adaptado de IA (2003)).

## 2.1.6. Fisiografia

### a) Geomorfologia

A bacia desenvolve-se essencialmente sobre unidades de superfície aplanada (Peneplanície Alentejana) com declives médios dominantes muito suaves que variam entre os 0 % e os 5 % com uma altitude média de 237 m. Na fraca ondulação do terreno facilmente sobressaem alguns relevos incidentes como as serras de S. Mamede, serra de Ossa e zona de Portel, que apresentam declives até 30 %. Surgem pontualmente relevos superiores a 400 m e declives superiores a 30 % nas vertentes das cristas quartzíticas (INAG, 1999c; IA, 2003).

A bacia da albufeira de Alqueva localiza-se sobre a unidade litológica: Maciço Antigo. Esta é formada por terrenos antigos de rochas metamórficas (xistos, micaxistos, mármore, entre outras), sedimentares (xistos calcários, grauvaques, quartzitos, entre outras) e eruptivas (gabros, pórfiros, granitos, entre outras) do Precâmbrico e final do Paleozóico (INAG, 1999d; CCR-A, 2001).

A homogeneidade orográfica é quebrada junto aos principais cursos de água e seus afluentes devido a processos eruptivos em que estes se apresentam numa forma encaixada com pequenos e escassos

fundos aluviais. As ribeiras intermédias demonstram a sua efemeridade torrencial, com leitos de substrato rochoso à vista (INAG, 1999c).

Os materiais rochosos mais abundantes são os xistos (do Silúrico ao Carbónico) que ocupam a maior parte da superfície da bacia (cerca de 2/3). Existem também manchas de rochas eruptivas (maioritariamente do tipo ácido) que se evidenciam no mesclado do conjunto pelo seu tamanho avultado (INAG, 1999d; CCR-A, 2001).

### b) Morfologia da área inundada

Segundo a curva hipsométrica de classes de altitude (Figura 2.7), 60 % da área interior ao limite do NPA encontra-se entre os 130 e os 150 m de altitude. A análise desta representação gráfica revela que as duas classes mais baixas e a classe mais alta apenas representam 38 % da área do espelho de água (50-130 m: 28 % - 6 800 ha; 150-152 m: 10 % - 2 280 ha) (INAG, 2000a; Trindade, 2005). De acordo com estes valores, 77 % da área inundada tem uma altitude abaixo dos 147 m (18 590 ha), o que demonstra que: cerca de 55 % da área inundada tem uma profundidade inferior a 15 m; aproximadamente 30 % da área total tem profundidades superiores a 20 m; 40 % da área tem profundidades compreendidas entre os 25 e os 45 m; e apenas 5 % apresenta profundidades superiores a 45 m.

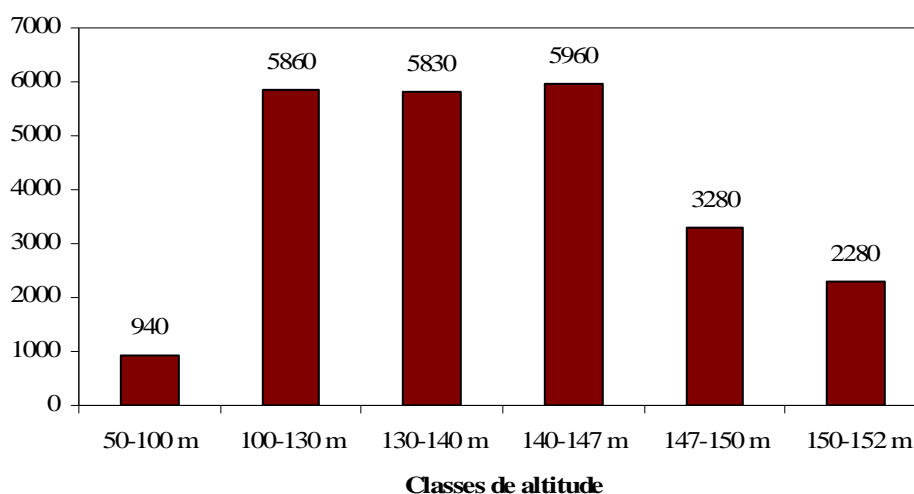


Figura 2.7– Histograma representativo da curva hipsométrica de classes de altitude, da área interior ao NPA da albufeira de Alqueva (adaptado de INAG (2000a)).

A morfologia da albufeira possibilita a existência de áreas isoladas que se localizam acima da cota do NPA. Estas ilhas, ou quase ilhas, totalizam uma área de 8 km<sup>2</sup> (INAG, 2000a).

### **2.1.7. Solos e ocupação do solo**

Em território nacional, os solos derivam de xistos e granitos. Os Litossolos êutricos (origem em xistos) ocupam cerca de 50 % da bacia hidrográfica portuguesa. Os Litossolos caracterizam-se por terem baixos horizontes orgânicos e perfis culturais, com estrutura, textura e capacidade de retenção de água impróprias para a maioria das culturas agrícolas. A litologia metamórfica e xisto-grauvática (sedimentar) também poderá originar Luvisolos, solos mediterrâneos, pardos, vermelhos ou amarelos, bastante degradados e com fraca capacidade de uso. São normalmente utilizados para produção florestal, pastagens ou matos. Nos maciços graníticos ocorrem solos litólicos, mediterrâneos para-hidromorfos e para-barros. Os Luvisolos êutricos, vérticos e órticos ocupam uma área de cerca de 16 % do total da bacia. Os solos arenosos (Regossolos êutricos e Podzois gleizados) abrangem apenas uma pequena área (INAG, 1998b; IA, 2003).

Tendo em conta a litologia do leito dos cursos de água, a erosão, em regime natural, não tem grande importância. No entanto, as zonas de maior sensibilidade são os vales encaixados e associados a sistemas geológicos de relevo acentuado devido a fortes enrugamentos orogénicos. Os níveis de erosão estão compreendidos entre 0 e mais de 25 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Cerca de 12 % da bacia apresenta níveis de erosão superiores a 25 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (INAG, 1998c, IA, 2003)).

O INAG (1998c), seguindo a classificação Corine Land Cover, adoptou 5 unidades de ocupação do solo, das quais a Superfície Agrícola Usada (SAU) representa 75,8 %, dividindo-se em espaços agrícolas (55,8 %) e agro-florestais (20 %). Dos espaços agrícolas, 98 % são de sequeiro e o restante de regadio de tipo intensivo. A floresta ocupa 12,2 % e os matos pouco degradados 10,6 % da área total. Os restantes 1,4 % são ocupados por espaços naturais e/ou protegidos.

O nível de eutrofização é frequentemente associado ao uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica. As modificações no estado trófico com ocupação do solo por meios urbanos são causadas principalmente devido ao assoreamento, drenagem pluvial urbana e esgotos (Xavier,

2005). Em bacias rurais a poluição difusa é mais intensa e o processo de eutrofização depende fortemente dos sistemas agrícolas e pecuários intensivos (Merten e Minella, 2002).

### **2.1.8. Fontes de poluição**

As fontes de poluição pontual na sub-bacia portuguesa podem dividir-se em três grupos: industrial, agro-industrial e urbana, em que metade das actividades ainda rejeitam os seus efluentes no meio ambiente, originando uma grande carga de poluentes. Mais de 90 % destas cargas provêm de indústrias não ligadas a redes públicas onde não é efectuado qualquer tratamento.

A carga total de poluição na bacia tem duas origens: portuguesa e espanhola. Apesar da carga total da sub-bacia espanhola ser muito superior à portuguesa, verifica-se que os valores da carga industrial são muito semelhante nos dois países. Consequentemente existe uma maior carga poluente industrial por unidade de área em Portugal. Segundo a EDIA (2003a) a carga poluente na bacia portuguesa é mais centralizada (Tabela 2.2).

Relativamente à água afluente até à albufeira de Pedrógão, as bacias do Degebe, do Ardila e do Caia são aquelas que em território português geram maiores cargas poluentes, respectivamente 33 %, 23 % e 8,5 % do total em termos de CBO<sub>5</sub> (Carência Bioquímica de Oxigénio aos 5 dias). No seu conjunto produzem 87 % da totalidade da carga poluente na bacia hidrográfica do Guadiana a montante da barragem de Pedrógão na região portuguesa (EDIA, 2003a).

A montante de Pedrógão, das 412 fontes de poluição tónica industrial potencialmente relevantes, 48 % são unidades da indústria transformadora, 44 % são unidades pecuárias e 8 % são lagares de azeite. Das 107 fontes de poluição tónica urbana potencialmente relevantes, 42 são estações de tratamento de águas residuais (ETAR), 45 fossas sépticas individuais e 20 consistem em pontos de descarga sem tratamento. Das 42 ETAR, em 24 foram efectuadas auditorias em que 8,3 % estão em funcionamento e sem defeitos, 50 % estão em funcionamento parcial com defeitos não interferentes e 41,7 % estão fora de funcionamento com defeitos interferentes (EDIA, 2003b).

No rio Guadiana a carga anual poluente rejeitada pelas actividades económicas é de 37 081 000 kg. A probabilidade de poluição difusa de origem rural é de 99 % visto a agricultura ser

a principal actividade da região. As regiões mais afectadas por este problema são as regiões contíguas ao rio Caia e a Zona dos Mármore (abrange parcialmente os concelhos de Borba, Estremoz e Vila Viçosa) (INAG, 2000b).

No que se refere ao território espanhol, os dados são agregados por grandes sectores de actividade industrial e por sub-bacia hidrográfica dos principais afluentes do Guadiana. São traduzidos por quantitativos anuais da carga poluente, bruta e tratada, expressos em população equivalente em função de CBO<sub>5</sub>, Azoto (N) e fósforo (P) na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Distribuição da carga poluente afluente à albufeira de Pedrógão, área e escoamento anual correspondente (retirado de EDIA, (2003a)).

Sub-bacias	Escoamento anual médio (hm <sup>3</sup> )	Carga de poluição tópica afluente (t.ano <sup>-1</sup> )								População equivalente industrial (hab. eq.)
		Sub-total	Área (km <sup>2</sup> )	Média anual	Ano seco	Total			Industrial	
CBO <sub>5</sub>	N					P	CBO <sub>5</sub>	N	P	
Português	6 480,00	3 641,35	1 006,49	3 735,90	883,84	226,15	2 455,45	474,88	144,19	108 311
Espanhol	56 238,60	4 567,00	1 721,92	19 728,09	3 058,74	629,69	2 963,21	383,09	99,65	136 133
<b>TOTAL</b>	<b>62 718,60</b>	<b>8 208,35</b>	<b>2 728,41</b>	<b>23 463,98</b>	<b>3 942,58</b>	<b>855,84</b>	<b>5 418,65</b>	<b>857,97</b>	<b>243,84</b>	<b>244 444</b>

### 2.1.9. Conservação da Natureza

Da mesma forma que as barragens são potenciais redutores de biodiversidade original, também fornecem novas oportunidades com a criação de novos habitats que, a médio-longo prazo, as suas albufeiras podem ser consideradas como parte integrante do novo ecossistema. Na perspectiva de haver uma compensação ecológica, alguns ecossistemas podem beneficiar certas espécies, mas outras podem sofrer perdas significativas dos efectivos populacionais, podendo até mesmo ser extintas (Azevedo, 2004).

A existência de três áreas classificadas nas proximidades da albufeira revela a importância dos valores naturais de interesse comunitário: Zona de Protecção Especial (ZPE) Mourão/Moura/Barrancos, criada ao abrigo da Directiva Aves (Directiva Comunitária 79/409/CEE)

o Sítio Moura/Barrancos e o Sítio Guadiana/Juromenha constituídos ao abrigo da Directiva Habitats (Directiva Comunitária 92/43/CEE) (ICNB, 2006).

No que diz respeito à avifauna, esta tem sofrido, segundo o CEAI (2006), impactes muito significativos na nidificação de algumas espécies, como o Bufo real (*Bubo bubo*), a Águia de Bonelli (*Hieraetus fasciatus*) e a Cegonha-preta (*Ciconia nigra*). As recentes mudanças no habitat, devido à construção da barragem de Alqueva, tornaram as ilhas num importante local de refúgio para a fauna, principalmente para a avifauna. Presentemente, as ilhas servem de refúgio para cerca de 14 espécies de aves. Entre estas encontram-se exemplares de: Tagaz, (*Sterna nilotica*); Perdiz-do-mar, (*Glareola pratincola*); Borrelho-pequeno-de-coleira (*Charadrius dubius*); Perna-longa, (*Himantopus himantopus*) e Bufo-real (*Bufo bubo*), das quais 10 estão no Anexo I da Directiva Aves. Algumas destas espécies aumentaram o efectivo populacional após a formação de ilhas, como é o caso do Tagaz e da Perdiz-do-mar.

Os ecossistemas terrestres localizados em áreas de reservatório são substituídos por habitats litorais, sub-litorais e lacustres e circulações de massas de água características dos lagos substituem as correntes padrão dos rios. Porém, as barragens permanecem obstáculos às trocas longitudinais ao longo dos rios (McCartney et al., 2001).

Também os ecossistemas a jusante das barragens são condicionados pela passagem de caudais ecológicos que tendem a ser menores em magnitude e periodicidade.

## **2.2. Qualidade da água**

### **2.2.1. Principais impactes resultantes da criação de uma albufeira**

Os efeitos da variação da qualidade da água podem ser verificados simultaneamente à criação da barragem, influenciando as transferências de energia e matéria entre o rio e os sistemas ecológicos que o rodeiam. Estas consequências exercem um efeito dominó exponencial sobre as espécies ao longo da cadeia alimentar, até que seja reinstaurado um novo equilíbrio (WCD, 2000).

---

Uma albufeira é composta por três partes formando um sistema híbrido: parte rio (lótico), parte em evolução de lótico para lântico, e parte lago (lântico). Apresenta características lânticas regulando e retardando o fluxo do rio, com uma taxa de renovação mais lenta que a de um sistema lótico, mas mais rápida que a de um lago (Wetzel, 1993). A disposição vertical do lago e a vertical do rio são substituídas por uma organização intermédia e característica. Num sistema lântico, a alternância entre períodos de mistura e de estratificação, provocadas pela passagem e pelas diferentes estações do ano, é perturbada pelas variações dos movimentos horizontais da água do rio e da sua taxa de renovação, tendo como consequência a variação da qualidade da água (Friedl, 2002; Friedl e Wuest, 2002).

A redução da velocidade de escoamento potencia a estratificação da coluna de água. Assim, tende a formar-se uma termoclina durante a Primavera-Verão, que separa a camada de água superficial, epilímnion, da camada de água situada abaixo da termoclina, hipolímnion. Esta estratificação tem diversas consequências: (i) temperaturas elevadas da água junto à superfície; (ii) concentrações reduzidas de nutrientes acima da termoclina, devido ao consumo pelo fitoplâncton “aprisionado” no epilímnion; (iii) temperaturas relativamente baixas no hipolímnion; (iv) concentrações elevadas de nutrientes e compostos resultantes da decomposição anaeróbia da matéria orgânica junto ao fundo por oposição a concentrações reduzidas de oxigénio dissolvido. Deste modo, consoante a descarga da albufeira seja efectuada acima ou abaixo da termoclina, o seu efeito na qualidade da água a jusante da barragem será diverso (Odum, 1971). O aumento da temperatura à superfície na Primavera-Verão, em conjunto com a redução da velocidade de escoamento e consequente diminuição da turbidez, potenciam o crescimento do fitoplâncton (Friedl, 2002; Poff e Hart, 2002).

Com a passagem de um regime lótico para um regime lântico, dá-se uma modificação dos ciclos biogeoquímicos do carbono (C), do fósforo (P), do azoto (N) e da sílica (Si), entre outros (Friedl, 2002). O aumento do tempo de residência, através do aumento da evaporação, do acréscimo da temperatura e da diminuição do oxigénio, conduz a um aumento da concentração de sais dissolvidos. Para além disto, quer o aumento do tempo de residência, quer a produção autóctone de biomassa, vão alterar a biogeoquímica dos sedimentos e podem conduzir à libertação de metais pesados, através duma alteração das condições de oxidação-redução. Todas estas transformações influenciam a qualidade da água (Friedl, 2002; Friedl e Wuest, 2002).

---

### 2.2.2. Análise preliminar da qualidade da água

Segundo Gonçalves (2005), a análise da variação da qualidade da água aponta para um sistema altamente dinâmico, primeiramente dependente das influências climáticas, identificando-se facilmente características distintas associadas ao período húmido e ao período seco. O enchimento da albufeira criou um novo ecossistema, iniciando-se um processo de evolução ao nível físico-químico e biológico da massa de água.

De salientar a existência de um período inicial de maior enriquecimento que se deve à libertação de elementos presentes no solo inundado. A análise dos resultados obtidos até então revela que os principais problemas de qualidade se associam ao transporte acentuado de matéria orgânica e nutrientes através de afluentes com origem em fontes de poluição existentes na bacia de drenagem. O caso mais preocupante foi detectado na ribeira do Zebro, que se caracterizou por uma condutividade média de  $1070 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e valores de azoto amoniacal superiores a  $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , demonstrando assim os efeitos da poluição proveniente, por exemplo, do efluente da ETAR da Póvoa de S. Miguel (Gonçalves, 2005). A contaminação microbiológica também se revela importante neste local atingindo os estreptococos fecais  $1,00 \times 10^6 \text{ células}\cdot 100 \text{ ml}^{-1}$  em Novembro 2003. Na albufeira, a presença de estreptococos fecais e/ou *Salmonella spp.* é frequentemente negligenciável, visto que as situações de maior contaminação ocorrem nos afluentes ao sistema.

Relativamente às concentrações de fósforo total (Figura 2.8) refira-se que apenas 6,82 % das amostragens revelaram valores muito elevados ( $> 500 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1} \text{ P}$ ). No entanto, estas correspondem a colheitas junto ao fundo onde decorre a normal acumulação de fósforo (Gonçalves, 2005).

Segundo as classes de qualidade para usos múltiplos definidas pelo INAG (2004a), relativas às concentrações de azoto amoniacal, apenas 0,38 % das amostragens classificam a água como muito poluída. No entanto, estas referem-se a situações de fundo registadas durante o período seco, em que as condições de anóxia potenciam esta forma reduzida de azoto. Na generalidade das amostragens, o fósforo total é aquele que apresenta uma maior frequência de locais de amostragem de pior qualidade. Em oposição, a condutividade eléctrica é aquela que engloba mais locais de amostragem em classes de melhor qualidade.

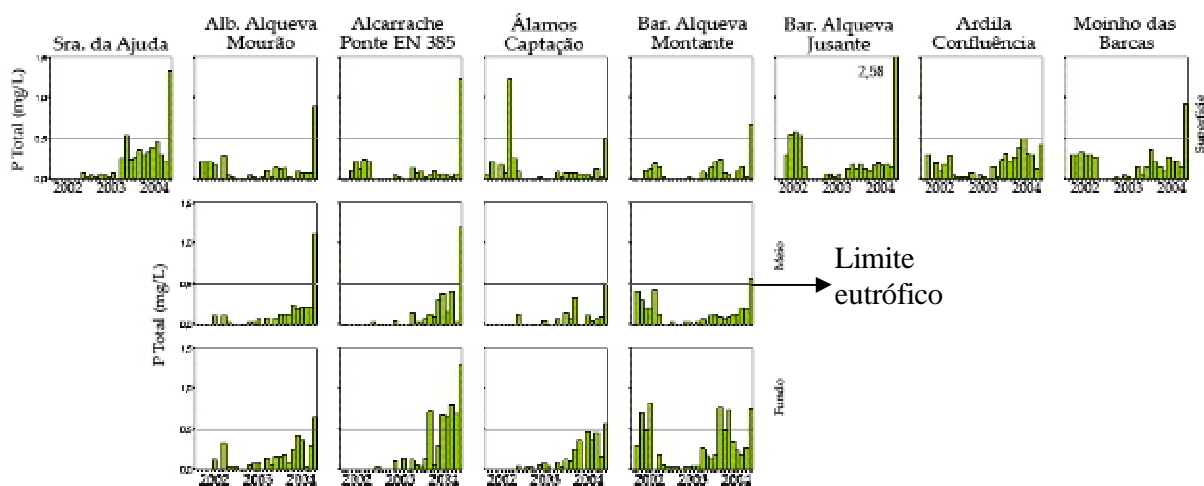


Figura 2.8 – Variação mensal da concentração de fósforo total em  $\text{mg.L}^{-1}$  de P, na albufeira de Alqueva, em três níveis de profundidade e ordenados de montante para jusante (adaptado de Gonçalves (2005)).

Em relação aos descritores Carência Química de Oxigénio (CQO),  $\text{CBO}_5$  e a oxidabilidade, as maiores concentrações também se associam ao fundo, apresentando porém teores elevados à superfície associados aos elevados níveis de biomassa algal característicos das situações de Verão, em climas mediterrâneos. Ainda assim, 71,69 % dos ensaios de  $\text{CBO}_5$  indicam uma boa qualidade da água.

A sucessão fitoplânctónica em Alqueva favorece o grupo das Cianobactérias durante o período seco. No entanto, a redução do fotoperíodo, entre outros factores, promovem a dominância dos grupos das Bacilariofitas, Criptofitas e Clorofitas durante o Inverno (Gonçalves, 2005).

### 2.2.3. Qualidade da água antes e depois da albufeira de Alqueva

A análise dos dados históricos da evolução de qualidade da água antes e depois da construção da barragem revelaram importantes características dos cursos de água em climas semi-áridos. Indicam-se dois processos responsáveis pela variabilidade observada: (i) sedimentação e elevada biodegradação potenciada pelas situações de baixo caudal e elevada temperatura; (ii) diluição e mesmo limpeza durante as enxurradas decorrentes nos períodos húmidos (Gonçalves, 2005).

Os principais benefícios para a qualidade da água introduzidos pelo enchimento da albufeira de Alqueva, segundo Gonçalves, (2005), podem-se resumir da seguinte forma:

- a albufeira integra a variabilidade da bacia, amortecendo-a. Potencia a sedimentação dos poluentes e constitui um local onde diversos mecanismos prevalecem em profundidade (p.e. desnitrificação), que proporcionam uma melhoria da qualidade da água a jusante da albufeira (desgarga da barragem de meio-fundo). O facto da descarga de caudal ecológico permitir uma forte oxigenação da água a jusante da barragem de Alqueva contribui para uma melhoria da água da albufeira de Pedrógão.
- verifica-se um efeito de diluição sobre os elementos presentes nas afluências, como a redução da mineralização da água (dureza total, condutividade e cloretos);
- a albufeira funciona como um agente tampão à enorme variabilidade verificada a montante originada pelos ciclos de seca e enxurrada e pelos agentes poluidores. É exemplo disso a diminuição da variabilidade temporal em alguns parâmetros, como o caso da oxidabilidade.

No entanto, o enchimento da albufeira também envolve alguns impactes negativos:

- a introdução de um regime de estratificação térmica e química proporciona uma alteração de funcionamento do sistema com reflexo na qualidade da água em profundidade caracterizada pela prevalência de um ambiente anóxico e redutor. Este efeito potencia o aumento das formas reduzidas, que condicionam fortemente os usos da água. É o caso do azoto amoniacal;
  - um dos principais impactes do ambiente redutor são os processos de recirculação interna de fósforo, apenas visíveis a longo prazo. A libertação de metais do sedimento e a libertação de compostos sulfurosos são outros impactes importantes. No entanto a inexistência de dados consistentes neste campo não permite fazer uma avaliação nesse sentido;
  - um outro condicionante da qualidade a jusante é o funcionamento da central hidroeléctrica de Alqueva que descarrega água por vezes anóxica e redutora (descarga de fundo e meio fundo).
-

De acordo com Gonçalves (2005) o enchimento da albufeira de Alqueva provocou uma grande alteração da qualidade da água no rio Guadiana. No troço da albufeira correspondente aos rios Guadiana e Degebe apresenta-se uma melhoria da qualidade da água no que diz respeito à mineralização, enquanto que no rio Alcarrache este efeito é menos visível o que pode resultar da inundação de solos com elevado teor de sais ou da libertação de nutrientes por parte da vegetação submersa (zona não incluída no programa de desmatção) (Gonçalves, 2005).

O fenómeno de mistura vertical provoca o afloramento de nutrientes e de matéria orgânica, que têm um efeito indutor da actividade biológica na albufeira. Consequentemente a qualidade da água deteriora-se ao longo do período Primavera-Verão, época em que se acentua a estratificação da massa de água (Gonçalves, 2005). A albufeira de Alqueva apresenta assim, uma elevada vulnerabilidade ao processo de eutrofização, podendo ocorrer surtos de fitoplâncton, nomeadamente, *blooms* de algas verdes e de cianobactérias que podem ter efeitos tóxicos (Cruz e Braz, 2000; Gonçalves, 2005).

## **2.3. Avaliação do estado trófico**

### **2.3.1. Classificação do estado trófico**

A classificação do estado trófico das águas doces superficiais definida pelo INAG (2004b) no âmbito da aplicação da DQA, apresenta-se na Tabela 2.3. O fósforo total na coluna de água (P total, em  $\text{mg P.m}^{-3}$  amostrado a meio metro de profundidade) é o indicador do estado trófico, enquanto que a biomassa clorofilina (clorofila *a* em  $\text{mg.m}^{-3}$ ) é o elemento indicador da resposta do ecossistema. O fósforo também pode ser o causador da eutrofização secundária. Esta ocorre quando o fósforo depositado nos sedimentos é arrastado para as camadas superiores amplificando a concentração de fósforo total (Wetzel, 1993). Mesmo que as fontes externas sejam eliminadas, a libertação de fósforo a partir dos sedimentos, em condições de anóxia, pode causar problemas de eutrofização. Os valores correspondem a médias geométricas, em que o estado trófico é determinado pelo critério mais desfavorável. As médias têm de incluir no mínimo uma amostragem por estação do ano.

---

Tabela 2.3 – Critério de avaliação do estado para lagoas e albufeiras (*in* INAG, (2004b)).

Parâmetros	Estado trófico		
	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Fósforo total ( $\text{mg.m}^{-3}$ P)	< 10,0	10,0 – 35,0	> 35,0
Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	< 2,5	2,5 – 10,0	> 10,0
Oxigénio Dissolvido (% sat.) (no início do hipolímion)			< 40,0

Nota: Os valores correspondem a médias geométricas; Conformidade: A classe atribuída corresponde ao valor mais desfavorável

### 2.3.2. Albufeiras do Alentejo

A estratificação térmica estival é uma das principais propriedades das albufeiras em climas mediterrânicos, como o de Portugal Continental. As bacias do Alentejo são caracterizadas por escoamentos sazonais e altas temperaturas do ar e da água, onde por vezes se detectam *blooms* de fitoplâncton e morte da fauna aquática. As albufeiras do Alentejo são caracterizadas por períodos de forte estratificação térmica, com elevadas concentrações de fósforo e em que a libertação de nutrientes a partir dos sedimentos é de grande importância (CCDR-A, 2006).

Consultados os Anuários da Qualidade da água no Alentejo dos anos hidrológicos 2000/2001 a 2004/2005 foi possível elaborar a Tabela 2.4 (CCDR-A, 2006). A análise desta permite verificar que, de acordo com o critério de avaliação do estado trófico estabelecido pelo INAG (cf. Tabela 2.3), nenhuma das albufeiras amostradas é classificada como Oligotrófica. Das 21 albufeiras monitorizadas a situação geral tende para a eutrofia, com picos ocasionais de clorofila *a* ao longo dos anos, sobretudo nos meses de Verão e no início de Outubro, associadas a altos teores de fósforo total.

De acordo com CCDR-A (2006) constatou-se que o parâmetro oxigénio dissolvido nunca funcionou como critério orientador da classificação, visto que os resultados se revelaram sempre superiores a 40 % de saturação. O parâmetro orientador da classificação verificou-se ser o alto teor de concentração de fósforo total, por vezes associado a elevados valores de clorofila *a*.

Tabela 2.4 – Classificação do estado trófico de 21 albufeiras do Alentejo nos anos hidrológicos 2000/2001 a 2004/2005.

Albufeiras	Anos hidrológicos				
	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Alvito	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
Apartadura	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
Boavista	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Caia	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Crato	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Enxoé	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Gáfete	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Maranhão	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Montargil	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Divor	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Lucefecit	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Monte da Rocha	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Monte Novo	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Póvoa e Meadas	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Roxo	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Santa Clara	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Odivelas	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Pêgo do Altar	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Vale de Gaio	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Tapada Grande	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Vigia	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

O panorama verificado no ano hidrológico 2004/2005 deveu-se à seca extrema verificada em todo o país nesse ano, com graves problemas de eutrofização em todas as massas de água da região sul do país (Alentejo e Algarve), onde a seca se instalou mais cedo e com maior severidade, alargando-se às restantes regiões do país. A situação assistida refere-se a problemas de grande degradação da qualidade da água, com a implementação de sistemas de tratamento de águas residuais e de abastecimento público mais eficazes, como forma de mitigar o risco de saúde pública.

### 2.3.3. Albufeira de Alqueva

Na albufeira de Alqueva, a classificação do estado trófico é maioritariamente devido à concentração de clorofila *a*, visto que 2,8 % das amostragens revelam que as concentrações de fósforo total (Figura 2.8) se localizam, abaixo dos  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  (estado oligotrófico). As concentrações de clorofila *a* (Figura 2.9), em Senhora da Ajuda são muito elevadas. Estas contrastam com os valores observados nos locais de amostragem com características lênticas que apresentam teores próximos do limite mínimo a partir do qual o sistema é classificado como eutrófico e que é  $10 \mu\text{g.l}^{-1}$  segundo a classificação do INAG (2004a).

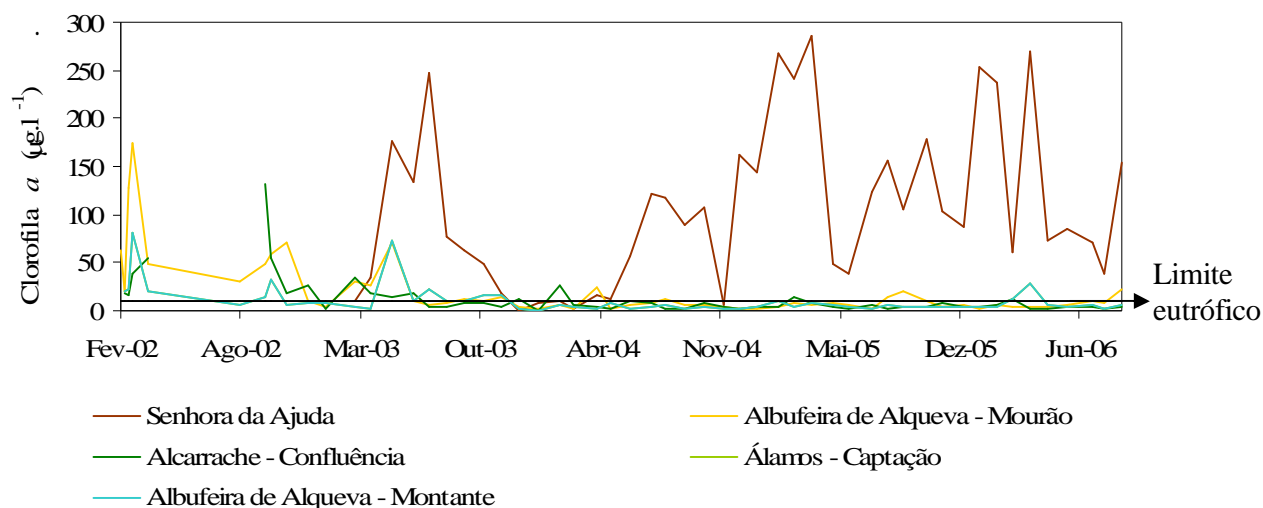


Figura 2.9 – Variação mensal da concentração de Clorofila *a* em  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , na zona eutrófica, na albufeira de Alqueva, ordenados de montante para jusante (adaptado de Gonçalves (2005)).

A análise da produtividade geral da albufeira, desencadeou a classificação da metade N como sendo eutrófica. Apesar da melhoria observada a jusante, a média geométrica permite classificar este troço como mesotrófico.

## 2.4. Modelação da qualidade da água da albufeira de Alqueva

Um dos grandes desafios inerentes ao projecto do Alqueva é a conservação da qualidade da água da albufeira, dentro de limites adequados aos usos pretendidos e à conservação do bom estado ecológico do meio aquático, tendo em conta a importância dos valores naturais da região. Apesar da importância da monitorização ambiental, como forma de seguir a evolução temporal e espacial do

estado da albufeira de Alqueva, importa utilizar ferramentas que permitam fazer uma previsão da evolução do sistema e sobretudo a nível da qualidade da água. Neste sentido, a utilização de modelos matemáticos surge como a opção adequada.

Um modelo é, na sua essência, uma visão simplificada da realidade, contendo apenas as características específicas que são essenciais à descrição e resolução da questão que se quer retratar. O grau de detalhe empregue é determinado pelo conhecimento disponível e pela importância assumida pelos diferentes processos de um determinado ecossistema (Jørgensen, 1997).

Em 1920 surgiu o primeiro modelo matemático para o ambiente aquático nos Estados Unidos da América. Este teve origem na equação de Streeter-Phelps, que permite calcular o balanço de oxigénio num rio. Desde então o uso de modelos matemáticos para simular as condições ambientais e as interações com a qualidade da água tem crescido drasticamente, com especial destaque nas últimas décadas (Pereira et al., 2006).

#### **2.4.1. Resumo histórico**

Dos trabalhos de modelação da qualidade da água destaca-se a aplicação do modelo unidimensional WQRRS (*Water Quality for River – Reservoir Systems*<sup>5</sup>), em que SISIDRO (1996), estudou a distribuição, em profundidade, da temperatura, do oxigénio dissolvido e dos nutrientes, sendo o primeiro estudo a simular a qualidade da água na albufeira de Alqueva. O WQRRS é um modelo de qualidade da água dinâmico e unidimensional, que permite simular a variação temporal da concentração de diversos parâmetros de qualidade da água. É um modelo para simular rios e reservatórios, em que são representados vários níveis tróficos, incluindo organismos como o zooplâncton, peixes e algas bentónicas e em que são considerados também os ciclos do azoto e do fósforo (Araújo, 2005).

O modelo mais frequentemente utilizado é o CE-QUAL-W2. Este é um modelo bidimensional hidrodinâmico e de qualidade da água (longitudinal e vertical). Foi aplicada à albufeira de Alqueva por vários autores, como Diogo e Rodrigues (1997), Brandão e Rodrigues (2000), Rodrigues e

---

<sup>5</sup> *Hydrologic Engineering Center (HEC) Institute for Water Resources do United States Army Corps of Engineers.*

Diogo (1997), FCT/UNL (1997), Oliveira et al. (2000), INAG (2000a), Rodrigues e Diogo (2000), Diogo et al. (2003) e Trindade et al. (2004), para além de Diogo et al. (2005). Existem incertezas significativas associadas aos resultados dos estudos anteriores a 2002, dada a impossibilidade de validar os modelos, tendo em conta que só foi possível calibrá-los após o início do enchimento da albufeira (8 de Fevereiro de 2002).

Os diversos estudos tiveram como objectivo a antecipação de possíveis medidas de gestão que permitissem minimizar os problemas de qualidade da água que pudessem surgir após o período de enchimento da albufeira.

A aplicação do modelo bidimensional para modelação longitudinal e em profundidade por FCT/UNL (1997) e Oliveira et al. (2000) caracterizou o oxigénio dissolvido e a temperatura, assim como a matéria orgânica, os principais nutrientes e a biomassa algal. No âmbito da elaboração do Plano de Ordenamento das Albufeiras de Alqueva e de Pedrógão (POA-AP) e da verificação compatibilidade com os futuros usos, Oliveira et al. (2000) verificou a alternância entre períodos de homogeneização e de estratificação da massa de água, constatou a influência negativa da água proveniente de Espanha e identificou a eutrofização como um problema.

O trabalho desenvolvido por Diogo et al. (2003) modela a temperatura e oxigénio dissolvido, durante a fase de enchimento, até Junho de 2003 (1 ano e 4 meses após o encerramento das comportas). Como ferramenta importante na gestão da qualidade da água no empreendimento de Alqueva, Diogo et al. (2003) conseguiu uma boa aproximação as observações de campo e reconheceu a necessidade de quantificação de caudais laterais afluentes.

Trindade et al. (2004) explorou os dados disponíveis para caracterizar a distribuição da temperatura, oxigénio dissolvido, matéria orgânica, nutrientes e biomassa algal, de Abril de 2002 a Outubro de 2003. Segundo este autor, a albufeira é classificada como monomíctica quente, de acordo com a periodicidade anual da mistura vertical. Trindade et al. (2004) realçou os impactes da eutrofização numa massa de água das dimensões de Alqueva sugerindo existir uma maior concentração de fontes de poluição a montante da albufeira.

Posteriormente Diogo et al. (2005), aplicando uma nova versão do modelo CE-QUAL-W2, analisou a importância do contra-embalse de Pedrógão, com reprodução da hidrodinâmica e dos processos

---

que controlam a qualidade da água e estimou as cargas difusas, cargas pontuais industriais e urbanas, reforçando a importância de tratar as cargas afluentes provenientes de Espanha e as cargas geradas em território nacional.

Relativamente à qualidade da água, o modelo CE-QUAL-W2, tem um único compartimento fitoplanctónico de entrada; o zooplâncton não é calculado, logo não é contabilizado o seu efeito sobre as algas e na reciclagem de nutrientes; as macrófitas não são incluídas; e em termos de consumo de oxigénio pelos sedimentos, o modelo CE-QUAL-W2 apresenta uma aproximação simplista ao cálculo deste parâmetro, em que não são calculadas dinamicamente as reacções nos sedimentos e fluxos de interface água-sedimentos, o que influencia a capacidade de previsão a longo prazo. Este modelo, devido à homogeneidade lateral utilizada (segmentos transversais), não permite a contabilização de uma das componentes horizontais. De acordo com Cole e Buchak (1995), devido a esta discretização espacial, o CE-QUAL-W2 apresenta um melhor ajustamento a massas de água longas e estreitas, o que apenas se verifica em Alqueva em situações pontuais (zonas de afunilamento geográfico e onde acaba o regolfo da albufeira). A representação da quantidade de movimento na vertical é limitativa, e o modelo não integra a variabilidade da componente horizontal do vento, que se revelou ser de elevada importância na albufeira de Alqueva.

Somente em albufeiras cujos afluentes sejam relativamente grandes é que as correntes da massa de água são influenciadas de forma significativa por esses caudais descarregados. Em oposição a circulação da albufeira é dominada pela acção do vento e as vazões dos tributários têm importância secundária (Liu et al., 2006; Koelmans, 2001). No caso da albufeira de Alqueva o regime de escoamento é torrencial, estando sujeito a severos períodos de estiagem durante o Verão. Na ausência de caudais e descargas apreciáveis, a circulação na albufeira depende do forçamento pela direcção e intensidade do vento que não podem ser integrados num modelo que não resolva as duas dimensões horizontais. Deste modo, tornou-se necessária a criação/implementação de um novo tipo de modelo que ultrapasse estas limitações e que acrescente a dimensão lateral – um modelo tridimensional.