



TÉCNICO
LISBOA



Aplicação do MIKE HYDRO BASIN na simulação da gestão integrada da bacia hidrográfica do Alqueva

Ana Maria Galán Coimbra Nobre Gonçalves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Professor Doutor Rodrigo de Almada Cardoso Proença de Oliveira

Júri

Presidente: Professor Doutor António Alexandre Trigo Teixeira

Orientador: Professor Doutor Rodrigo de Almada Cardoso Proença de Oliveira

Vogal: Engenheiro José Carlos Costa Miranda

Junho de 2015

Agradecimentos

Começo por agradecer à equipa da DHI com quem pude partilhar todas as dúvidas e questões permanentemente, estiveram sempre disponíveis para me ajudar a qualquer hora do dia, nomeadamente a Cecília Correia, Niels Riegels e Mathieu Hellegouarch.

Agradeço ao professor Rodrigo Proença de Oliveira a oportunidade de desenvolver este estudo. Este tema permitiu-me aprender mais sobre gestão de recursos hídricos sobretudo tratando-se da gestão integrada de Alqueva, tão importante nos dias de hoje e no nosso país. Além do tema, o professor Rodrigo Proença de Oliveira apresentou-me o desafio de desenvolver o estudo com o MIKE HYDRO BASIN, um *software* novo e de pouca aplicação em Lisboa. A aprendizagem do funcionamento deste programa de simulação foi uma superação diária e uma grande mais-valia a níveis académicos e profissionais.

Agradeço também ao Eng.º José Costa Miranda que sempre mostrou grande disponibilidade para cedência de dados e esclarecimento de dúvidas, conferindo a este documento e aos resultados a veracidade que este tema merece.

Por fim, agradeço a todos os meus familiares, amigos e colegas que sempre se disponibilizaram em ajudar e contribuíram para a revisão dos textos.

Resumo

A presente dissertação expõe uma análise do desempenho do Empreendimento Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) na satisfação das necessidades hídricas e uma avaliação da viabilidade de expandir a área de regadio de 120 000 ha, previstos no projeto inicial, para 160 000 ha.

Os dados utilizados para a caracterização do EFMA provêm de relatórios não técnicos e documentos oficiais fornecidos pela EDIA, SA, e as séries de escoamento foram dados obtidos do SNIRH e em estudos hidrológicos existentes.

No estudo foi utilizado o modelo matemático de simulação, MIKE HYDRO BASIN, desenvolvido pelo Danish Hydraulics Institute (DHI), para análise e apoio à decisão nos processos de planeamento e gestão integrada de uma bacia hidrográfica.

A aplicação do *software* utilizado implicou a definição das regras de operação. No documento é abordada em detalhe esta questão das regras de operação necessárias à implementação do modelo em estudo e do mesmo modo é dedicado um capítulo à descrição dos impedimentos existentes no MIKE HYDRO BASIN, nomeadamente a questão de o *software* em causa não permitir a ocorrência de ciclos na distribuição de água.

Os resultados obtidos refletem o bom desempenho das infraestruturas no cumprimento das necessidades hidroagrícolas associadas às situações previstas no projeto e expansão da área de regadio afeta ao EFMA.

Palavras-chave: Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, MIKE HYDRO BASIN, Planeamento e Gestão de Recursos Hídricos.

Abstract

The current dissertation evaluates the performance of the Alqueva Multiple Purposes Project, in what concerns the fulfillment of water demands. Two scenarios are considered; the original project with 120 000 ha of irrigated land and an expansion project to 160.000 ha.

The data used in the Alqueva Project characterization was gathered from non-technical reports and official documents of EDIA, SA, while the runoff series were obtained from SNIRH and existing hydrological studies.

The development of this study was supported by the mathematical simulation model MIKE HYDRO BASIN, developed by Danish Hydraulics Institute (DHI). This software is a multipurpose decision support tool for integrated river basin analysis, planning and management. The application of this software required the definition of operation rules adequate to the Alqueva project operation, while attending to the program limitations. These limitations are discussed in a particular chapter, specially the fact that MIKE HYDRO BASIN is not able to take cycles into account.

The results obtained demonstrate a good performance throughout the system, which satisfies the hydro-agricultural demands, both for the original project and for the expansion solution.

Key-words: Alqueva Multiple Purposes Project, MIKE HYDRO BASIN, Water Resources planning and management, Hydro agricultural demands.

Índice

Agradecimentos.....	2
Resumo	4
Abstract.....	5
Índice	6
Lista de Quadros	8
Lista de Figuras	9
Lista de Abreviaturas e símbolos	10
1. Introdução	12
2. Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva.....	14
2.1. Descrição Geral	14
2.2. Hidrografia e hidrologia	17
2.2.1 Hidrografia.....	17
2.2.2 Escoamento	20
2.2.3 Evaporação	24
2.3. Infraestruturas do EFMA	25
2.3.1 Infraestruturas de armazenamento.....	25
2.3.2 Esquema do modelo de simulação.....	27
2.4. Necessidades Hídricas.....	28
2.4.1 Uso urbano.....	28
2.4.2 Uso agrícola	30
2.5. Fins ecológicos.....	33
2.6. O plano de expansão do EFMA	34
3. Simulação Matemática da operação de empreendimentos hidráulicos	36
3.1. Introdução.....	36
3.2. Principais modelos existentes	38
3.2.1 WEAP- Water Evaluation and Planning.....	38

3.2.2 Aquatool	38
3.2.3 IRAS 2010-Interactive River and Aquifer Simulation	39
3.2.4 WRAP- Water Rights Analysis Package	39
3.2.5 RIBASIM- River Basin Planning and Management.....	39
3.2.6 MIKE HYDRO BASIN.....	40
4. Aplicação do MIKE HYDRO BASIN ao caso de estudo	42
4.1. Descrição geral dos elementos que constituem o modelo.....	42
4.1.1. Bacias hidrográficas	43
4.1.2. Albufeiras.....	44
4.1.3 Pontos de Consumo.....	47
4.2. Regras de operação do sistema.....	48
4.3. Potencialidades e limitações do MIKE HYDRO BASIN	52
4.4. Avaliação do desempenho do sistema.....	56
4.4.1. Garantia Mensal	56
4.4.2. Cobertura mensal	57
4.4.3. Garantia e Cobertura de caudais ecológicos	57
4.4.4. Garantia Anual no ponto de consumo.....	57
4.4.5. Duração média de cada falha.....	57
4.4.6. Volume médio em falta de cada falha	57
4.4.7. Resiliência	58
4.5. Resultados e avaliação do sistema	59
5. Conclusões.....	62
Referências bibliográficas	66

Lista de Quadros

Quadro 1 - Área das bacias hidrográficas do sistema do Alqueva (km ²) (adaptado de Ferreira, 2014)	18
Quadro 2 - Escoamento médio mensal das secções de interesse do EFMA (dam ³)	23
Quadro 3 - Distribuição da taxa de evaporação mensal no EFMA (mm)	24
Quadro 4 - Características das infraestruturas de armazenamento do subsistema de alqueva	26
Quadro 5 - Características das infraestruturas de armazenamento do subsistema de Ardila	26
Quadro 6 - Características das infraestruturas de armazenamento do subsistema de Pedrógão	26
Quadro 7 – Volume mensal para abastecimento urbano (dam ³)	29
Quadro 8 – Necessidades hídricas em função da cultura, entre Maio e Setembro (mm)	30
Quadro 9 – Cultura praticada em cada bloco de rega, projeto inicial	31
Quadro 10 – Distribuição das culturas nos subsistemas (ha)	31
Quadro 11 – Distribuição em área e necessidades hídricas em cada bloco de rega previstas para o projeto inicial	32
Quadro 12 – Volume para manutenção ecológica (dam ³)	33
Quadro 13 - Necessidades hídricas em cada bloco de rega para o plano de expansão	34
Quadro 14 – Resultados obtidos para a situação de projeto	59
Quadro 15 – Resultados obtidos para a situação de expansão	60
Quadro 16 – Resultados obtidos para caudais ecológicos	61
Quadro 17 – Duração média das falhas no EFMA	61
Quadro 18 - Características gerais dos cenários	62
Quadro 19 – Controlo do sistema (hm ³ /ano)	64

Lista de Figuras

Figura 1 – Esquema simplificado do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva	15
Figura 2 – Sub-bacias hidrográficas da área do EFMA (Ferreira, 2014)	19
Figura 3 – Escoamento mensal observado em estações hidrométricas da área de influência do EFMA (Ferreira, 2014).....	21
Figura 4 - Escoamento anual de acordo com estudos e estações hidrométricas (Ferreira, 2014)	22
Figura 5 – Modelo simplificado do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva	27
Figura 6 - Esquema do Plano de Expansão do EFMA	35
Figura 7 – Exemplo de Water User Time Series.....	41
Figura 8 – Aspeto geral do modelo de simulação	42
Figura 9 – Definição da série de escoamento a montante de uma albufeira.....	43
Figura 10 – Separador para a definição de albufeiras	44
Figura 11 – Definições gerais das albufeiras	44
Figura 12 – Definição de operações em albufeiras.....	45
Figura 13 – Exemplo das necessidades de água de um ponto de consumo.	47
Figura 14 – Definição dos utilizadores das albufeiras.....	48
Figura 15 - Exemplo de water supply fraction time series	49
Figura 16 - Storage demand time series para a albufeira de Pedrógão (hm ³)	51
Figura 17 – ciclo gerado no subsistema de Alqueva	52
Figura 18 – Escoamento bidirecional no subsistema de Pedrógão	53
Figura 19 – Ciclo gerado no Subsistema do Ardila.....	54
Figura 20 – Esquema do EFMA aplicado no MIKE HYDRO BASIN.....	55
Figura 21 – Nível da superfície de água na albufeira de Alqueva, situações projeto e expansão	63
Figura 22 – Nível da superfície de água na albufeira de Alqueva, situações projeto e expansão	63
Figura 23 – Comparação das garantias mensais nos blocos de rega comuns às duas situações (%)	64

Lista de Abreviaturas e símbolos

5RS – Albufeira de Cinco Reis;

ÁLM – Albufeira dos Álamos;

ALM – Albufeira de Almeidas;

ALQ – Albufeira de Alqueva;

ALV – Albufeira do Alvito;

AMN – Albufeira da Amendoeira;

AMR – Albufeira da Amoreira;

BCH – Albufeira de Brinches;

CAR Alqueva - Conselho para o Acompanhamento do Regadio de Alqueva;

CLÇ – Albufeira dos Caliços;

COBA – Consultores de Engenharia e Ambiente;

DGADR – Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural;

DRAP Alentejo – Direção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo;

EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas de Alqueva, S.A;

EDP – Energias de Portugal, S.A;

EFMA – Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva;

ENX – Albufeira de Enxoé;

FTG – Albufeira de Furta Galinhas;

LAJ – Albufeira da Laje;

LOU – Albufeira do Loureiro;

MGR - Albufeira da Magra;

MNV – Albufeira de Monte Novo;

NMC – Nível de Máxima Cheia (m);

NmE – Nível Mínimo de Exploração (m);

NPA – Nível de Pleno Armazenamento (m);

ODV – Albufeira de Odivelas;

PDG – Albufeira de Pedrógão;

PIAS - Albufeira de Pias;

PIS - Albufeira do Pisão;

PND - Albufeira do Penedrão;

RH – Região Hidrográfica;

RNT – Relatório Não Técnico;

RXO - Albufeira do Roxo;

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos;

SPD – Albufeira de São Pedro;

SRP - Albufeira de Serpa;

VDG – Albufeira do Vale de Gaio;

VGA – Albufeira da Vigia.

1. Introdução

A água é um recurso natural essencial à sobrevivência do Homem e ao longo da história da humanidade importantes civilizações desenvolveram-se nas margens de relevantes rios tais como Nilo, Eufrates, Tigre, entre outros. De facto, a história da humanidade pode ser escrita em termos das interações e inter-relações entre os homens e a água.

A razão pela qual civilizações e habitats frequentemente se desenvolvem estrategicamente ao longo das margens de rios importantes é fácil de perceber: a disponibilidade imediata de água para consumo, a agricultura e o transporte são requisitos relevantes à sobrevivência humana. Ainda antes da era cristã, na Índia, há registos da consciência que um controlo da água adequado poderia diminuir as consequências devastadoras de um período extremo de seca e consequente era de fome nessa região. “Espero que o teu reino tenha reservas grandes e cheias de água, localizadas em diferentes zonas da terra, de modo a que a agricultura não dependa do capricho do Deus da Chuva.” (cit. Rishi Narada da Índia, cf. Biswas, 1996)

A gestão integrada dos recursos hídricos é uma necessidade originada pela complexidade das interações entre as diversas utilizações da água e as consequências sociais, económicas e ambientais daí decorrentes (Hipólito & Vaz, 2011). Desde a garantia do abastecimento com vista a melhorar a saúde pública, passando pelo desenvolvimento económico em vários âmbitos, até à consciência ambiental dos dias de hoje, a utilização da água e respetiva gestão foi alvo de diversas preocupações.

A gestão integrada de recursos hídricos pretende promover o desenvolvimento e a coordenação de necessidades maximizando os benefícios económicos e sociais sem descuidar, no entanto, da sua preservação e sustentabilidade. Esta coordenação passa pelo ajuste entre disponibilidades e necessidades, em quantidade e qualidade, no espaço e no tempo, de uma maneira económica e socialmente viável, satisfazendo de modo apropriado as funções ambientais da água e dos ecossistemas dela dependentes. (Correia, 2003b)

O maior aproveitamento hidráulico de fins múltiplos em Portugal é o Empreendimento de Alqueva, objeto de debate desde o início do século passado e ao longo de vários governos de Portugal. O Convénio Luso-espanhol para a utilização dos rios internacionais, celebrado em 1968 entre os países ibéricos, conferiu a Portugal o direito à exploração hidráulica do troço internacional do rio Guadiana e à construção da barragem de Alqueva. A construção desta infraestrutura foi concretizada cerca de 30 anos mais tarde, altura em que se iniciou o enchimento da albufeira em março de 2002.

Através destes dados históricos entende-se a importância que Portugal dá ao desenvolvimento da agricultura no Alentejo, e também das necessidades ao nível da gestão e da engenharia subjacentes a este projeto.

O presente estudo foi desenvolvido com motivação e entusiasmo de um tema desta importância. É um assunto que exige constantes melhorias, um entendimento sério do peso da agricultura em Portugal, sem esquecer o impacto que tem principalmente no Alentejo. É questionável a dimensão da obra e todos os fundos utilizados para a sua execução, mas é inegável o impacto positivo que trouxe a nível social, cultural, às pessoas que todos os dias trabalham e vivem direta ou indiretamente do desenvolvimento da região.

Este documento pretende analisar a capacidade de satisfação das necessidades hídricas de apoio à agricultura do projeto inicial de regadio associado a Alqueva (cuja implementação não está ainda concluída), bem como estudar a possível expansão do território regado a partir da albufeira de Alqueva. Deste modo, foram estudados dois cenários: o primeiro com a área regada de 120 mil ha e o segundo que prevê uma expansão de 40 mil ha. É objetivo do estudo avaliar a capacidade de satisfação das necessidades de abastecimento (agrícola e urbano) atribuídas à área de influência da albufeira de Alqueva.

Para análise deste dois cenários recorreu-se ao *software* MIKE HYDRO BASIN (DHI, 2011), constituindo outro objetivo do estudo, a verificação da adequação do modelo ao caso de estudo e a avaliação das suas capacidades de simulação de aproveitamentos hidráulicos.

A dissertação está estruturada em cinco capítulos. Neste primeiro do documento, introduz-se ao tema e são apresentadas as razões e o âmbito do trabalho, assim como a organização do documento. No segundo capítulo é feita uma descrição geral do Empreendimento Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) e descritas as bacias hidrográficas da região e seu regime de escoamento e de evaporação. São apresentadas as características do EFMA a nível geográfico, hidrológico, bem como uma apresentação detalhada das culturas e respetivas necessidades hídricas tanto para o modelo de projeto como para o modelo de expansão. Está também representado um esquema que foi transportado para o MIKE HYDRO BASIN e onde é possível entender a situação atual e a expansão prevista em torno da albufeira de Alqueva.

O terceiro capítulo discute o conceito de simulação matemática aplicada à gestão de recursos hídricos e a razão pela qual se aplica a simulação matemática a este tema. O capítulo descreve resumidamente alguns dos modelos disponíveis e mais utilizados neste âmbito, apresentando um resumo breve de cada um.

O quarto capítulo apresenta o exercício de modelação matemática, explicando-se em pormenor como se aplicou o *software* ao caso do EFMA e que características e simplificações que foram tidas em conta. É também neste capítulo também que se apresentam os resultados do modelo e se discute o desempenho do sistema.

Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões deste documento, centradas nos principais objetivos: avaliação do *software* e conclusões retiradas a partir deste para o caso de estudo em análise.

2. Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

2.1. Descrição Geral

A regularização de caudais através de uma albufeira pode servir diversas finalidades, como o abastecimento urbano e industrial, a irrigação, a produção de energia hidroelétrica, a mitigação de cheias, a navegação fluvial, o arrefecimento de centrais térmicas, o controlo da poluição por diluição ou a contenção da intrusão salina em estuários. Estas diversas utilizações têm padrões de consumo da água que não estão em consonância com o regime natural de variabilidade temporal dos escoamentos superficiais, com uma marcada alternância entre períodos de grandes caudais e períodos de estiagem ao longo do ano assim como de sequências de anos húmidos e de anos secos. A criação de albufeiras permite armazenar água na época húmida, quando os caudais excedem a procura de água, e utilizar a reserva de água para aumentar os caudais naturais durante a época de estiagem e em anos secos. Desta forma os escoamentos são ajustados às necessidades de consumo (Hipólito & Vaz, 2011).

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) é um sistema que garante o armazenamento e à adução de água, sendo constituído por um conjunto de 69 barragens, reservatórios e açudes, 382 km de rede primária, para ligação entre as principais barragens do sistema, 1620 km de extensão de condutas na rede secundária, 47 estações elevatórias e 5 centrais mini hídricas. Situado no baixo Alentejo, o EFMA ocupa quatro distritos e 20 concelhos desta zona do país, constituindo-se como a maior reserva estratégica de água da Europa. A partir deste sistema são abastecidos 25 aproveitamentos hidroagrícolas beneficiando cerca de 120 000 ha de terrenos agrícolas, garante-se o reforço de água a 5 barragens para abastecimento público a cerca de 200 000 pessoas, e é produzida energia hidroelétrica suficiente para fornecer uma cidade com 500 000 habitantes.

Com este empreendimento pretende-se constituir uma reserva estratégica de água, fornecer os volumes de água necessários à concretização do regadio previsto no Plano de Rega do Alentejo e alteração progressiva do modelo de especialização da agricultura no Sul do País. É também um objetivo do EFMA garantir o abastecimento regular de água às populações e indústrias localizadas no interior da sua área de influência e o eventual abastecimento do Pólo Industrial de Sines bem como a produção de energia elétrica. A nível social este empreendimento favorece o combate à desertificação física e às alterações climáticas e a dinamização do mercado de emprego, e combate à desertificação humana na Região do Alentejo.

A área de influência do EFMA é constituída pela zona da região hidrográfica do Guadiana (RH7) e pela zona leste da região hidrográfica do Sado (RH6). Estando centrada no Alentejo, o clima desta zona apresenta uma elevada amplitude térmica ao longo do ano, com a temperatura média mensal a variar entre os 9,1 °C e 24,4 °C em janeiro e julho, respetivamente.

Na RH7 a precipitação média anual é de 436 mm em ano seco, 566 mm em ano médio e 729,5 mm em ano húmido. Na RH6 os valores não diferem muito, apresentando precipitações da ordem dos 250 a 450 mm, 450 a 700 mm, e 700 a 1 450 mm, respetivamente.

Na sua conceção inicial, o EFMA foi dividido em três subsistemas: Alqueva, Ardila e Pedrógão, de acordo com as diferentes origens de água, abrangendo áreas totais regadas de 64 000 ha, 30 000 ha e 24 500 ha, respetivamente. Na Figura 1 está esquematizada a distribuição e respetivas áreas de influência dos três subsistemas que constituem o EFMA. O subsistema de Alqueva abastece a zona oeste e sudoeste do EFMA com origem na barragem do mesmo nome. A jusante do subsistema de Alqueva estão os subsistemas de Ardila e Pedrógão associados, respetivamente, às zonas esquerda e direita do rio Guadiana.

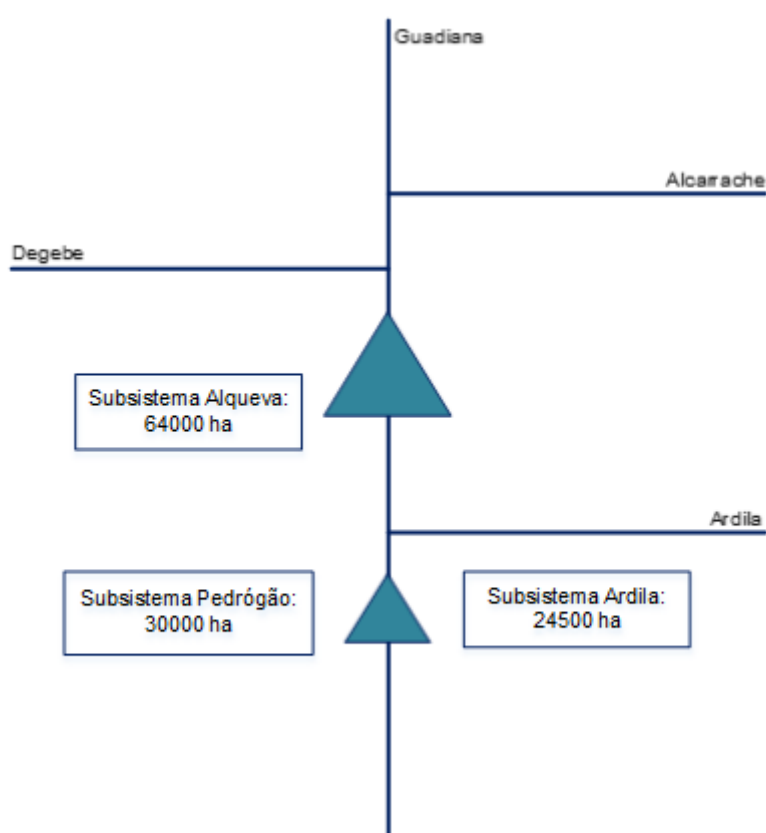


Figura 1 – Esquema simplificado do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

A missão de acompanhar a exploração do sector hidroagrícola do EFMA de modo a garantir o uso eficiente da água para rega, a produtividade, rentabilidade e competitividade da agricultura praticada no empreendimento está atribuída ao Conselho para o Acompanhamento do Regadio de Alqueva (CAR Alqueva), através do despacho nº 911/2014. Este órgão estatal é constituído por um representante de várias entidades, entre as quais a DGADR, DRAP Alentejo e a EDIA. As restantes são associações e organizações de agricultores e entidades com competências no sector e no território do regadio de Alqueva. O CAR Alqueva está também encarregue da gestão do uso da água e da atribuição de tarifas, pelo desenvolvimento da área de regadio a cargo do EFMA e pelo incentivo ao regadio e à cooperação com os agricultores da zona, entre outros.

A exploração hidroelétrica das centrais situadas em Alqueva e Pedrógão está a cargo da EDP, mediante um contrato celebrado em outubro de 2007.

2.2. Hidrografia e hidrologia

2.2.1 Hidrografia

O rio Guadiana nasce em Espanha na província espanhola de Ciudad Real, a uma altitude de 1 700 m nas lagoas de Ruidera. Em Elvas entra em território português e desagua no oceano Atlântico entre as cidades de Vila Real de Santo António e Ayamonte. Em todo o seu trajeto apresenta um comprimento de aproximadamente 820 km, dos quais cerca de 260 km são em território português. Em Portugal, o rio Guadiana tem como principais afluentes os rios Alcarrache, Degebe e Ardila (Figura 1).

A área de influência do EFMA abrange parcialmente as bacias hidrográficas do rio Guadiana (RH7) e do rio Sado (RH6). A bacia hidrográfica do Guadiana tem uma área de 66 800 km², em que 11 800 km² estão em território nacional. Por sua vez a bacia hidrográfica do rio Sado tem uma área de 7 692 km² totalmente desenvolvida ao sul de Portugal, com início na serra da Vigia e desagua no oceano Atlântico em Setúbal.

A área de influência do EFMA objeto deste estudo inclui as sub-bacias hidrográficas dos rios Ardila, Degebe, Enxoé e Odearca, pertencentes à RH6, e as sub-bacias hidrográficas dos rios Alfundão, Odivelas, Roxo e Xarrama, pertencentes à RH7. A Figura 2 apresenta a localização geográfica destas bacias. As zonas das Amoreiras, Cardeira, Marmelar e dos afluentes próximos de cada zona correspondem a sub-bacias individualizadas mas foram agregadas para simplificar o modelo e o cálculo das afluências. No Quadro 1 apresentam-se as áreas das bacias hidrográficas a montante de cada secção com interesse, nomeadamente barragens incluídas no sistema de infraestruturas do EFMA ou confluências com os principais afluentes dos rios Guadiana e Sado (Ferreira, 2014).

Quadro 1 - Área das bacias hidrográficas do sistema do Alqueva (km²) (adaptado de Ferreira, 2014)

Bacia	Área	Sub-bacia	Área sub-bacia
Guadiana	53695	Montante de Barbosa	53695
Degebe	1577	Montante da Vigia	115
		Montante de Loureiro	10
		Montante de Monte Novo	268
		Montante de Álamos	1046
		Montante da confluência com o rio Guadiana e a jusante de Álamos	138
Xarrama	750	Montante de Vale Gaio	750
Odivelas	437	Montante de Alvito	199
		Jusante de Alvito e montante de Odivelas	238
Marmelar	196	Montante da confluência com o rio Guadiana	196
Odearca	52	Montante de Almeidas	52
Alfundão	40	Montante do Pisão	31
		Montante de Penedrão	9
Roxo	438	Montante de Cinco Reis	27
		Montante do Roxo e de Cinco Reis	411
Cardeira	217	Jusante de Pedrógão, a montante da confluência com o rio Guadiana	217
Caliços	13	Montante de Caliços	13
Amoreiras	165	Jusante de Pias e montante das Amoreiras	50
		Montante de Pias	33
		Jusante das Amoreiras e a montante da confluência com o rio Guadiana	82
Pias	34	Montante de Brinches	34
Enxoé	255	Montante de Laje	24
		Montante de Enxoé	69
		Jusante de Enxoé, a jusante de Laje e a montante de Serpa	124
		Jusante Serpa	38
Ardila	2893	Montante de Furta Galinhas	56
		Montante de Ardila Fronteira	2837

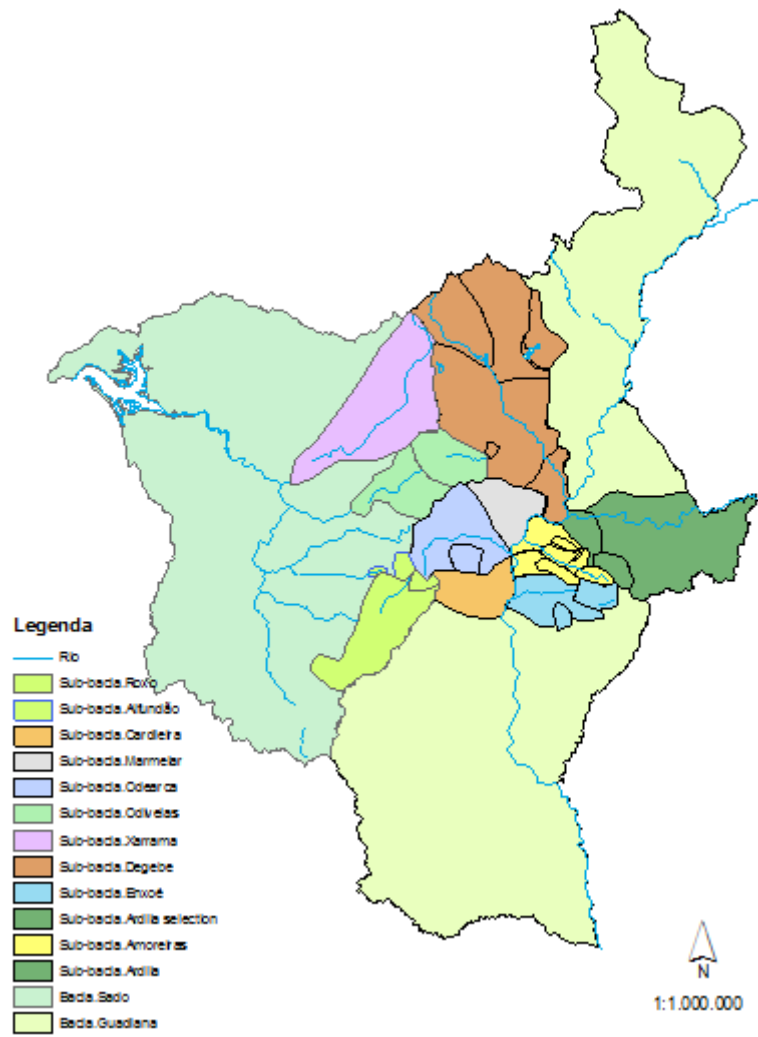


Figura 2 – Sub-bacias hidrográficas da área do EFMA (Ferreira, 2014)

2.2.2 Escoamento

No que diz respeito às estimativas do escoamento que afluem ao EFMA utilizaram-se os registos do SNIRH, referentes a estações hidrométricas localizadas na área estudo, para estimar o escoamento gerado em Portugal e os resultados de estudos existentes para estimar as afluências provenientes de Espanha. O estudo que aqui se apresenta foi desenvolvido juntamente com Ferreira (2014).

As estações hidrométricas selecionadas para o efeito foram Albernoa (26J/01H), Amieira (24L/01H), Ardila (fz) (25M/01H), Barbosa (24M/01H), Entradas (27I/01H), Limas (27L/04H), Monte da Arregota (26K/01H), Monte da Ponte (27J/01H), Monte dos Bravos (24M/02H), Ponte Mourão (23M/01H), Ponte Quintos (26L/01H), Pulo do Lobo (27L/01H) e Vendinha (23K/01H), e ainda de Puente Palmas em Espanha (Figuras 3 e 4).

Nas Figuras 3 e 4 comparam-se os valores de altura de escoamento das várias séries analisadas. De notar que a série PM-MV diz respeito à diferença do escoamento medido em Ponte Mourão (23M/01H) e em Monte da Vinha (21O/01H) e representa o escoamento gerado nas bacias hidrográficas dos afluentes que confluem com o Guadiana, entre a sua entrada em Portugal e uma secção a montante de Alqueva, e da confluência do Degebe. Esta série não contabiliza o escoamento gerado nas bacias hidrográficas dos rios Alcarrache e Degebe.

Por sua vez, a série denominada de PL-PM refere-se à diferença do escoamento em mm medido em Pulo do Lobo (27L/01H) e em Ponte Mourão (23M/01H) (PL-PM) caracterizando o escoamento gerado na parte da área em estudo que se situa nas bacias hidrográficas dos rios Guadiana e Sado. Esta série inclui a bacia hidrográfica do rio Degebe.¹

Por análise da Figura 3 observa-se um comportamento semelhante entre as séries na sucessão de semestres húmidos e secos e de anos secos e anos húmidos à exceção das séries das estações de Amieira e do Vascão que foram retiradas por apresentarem valores bastante superiores aos restantes. A série PM-MV e a série PL-PM apresentam um comportamento semelhante, apesar de os dados da primeira começarem em 1979.

Tendo em conta esta análise das séries de escoamento a série PL-PM foi selecionada como representante da altura do escoamento gerado na área em estudo, em Portugal a montante de Alqueva. Para caracterizar o rio Ardila, o principal afluente do rio Guadiana com uma bacia hidrográfica com 3600 km², foi utilizada a série de escoamentos medidos na estação hidrométrica Ardila (fz).

Para estimar a série de escoamento gerado em Espanha, recorreu-se aos estudos realizados pela EDP (1988) e pela COBA (1985). O estudo da EDP cujos valores na Figura 4 estão referenciados por EDP-Alqueva-R=0/V=0 e EDP Alqueva-R=4800/V=7000, apresenta algumas estimativas da série de

¹ Simplificação considerada. O comportamento das bacias hidrográficas dos rios Guadiana e Sado exibem comportamentos diferentes.

afluências ao Alqueva consoante o volume de necessidades satisfeitas em Espanha e a capacidade de armazenamento instalada em albufeiras espanholas, designados por R e V, respetivamente.

O estudo da COBA (1985) apresenta apenas valores de escoamento anual para duas séries de escoamento do rio Guadiana na fronteira em Caia, sendo uma referente ao regime natural e a outra ao regime modificado resultante da construção das barragens em Espanha.

Em relação à Figura 4 existem semelhanças entre as séries EDP-Alqueva-R=0/V=0 e COBA-Caia-Futuro. Os valores da série EDP-Alqueva-R=4800/V=7000 apresentam-se significativamente mais baixos quando comparados com outros.

Para o desenvolvimento do presente estudo foi utilizada a série de escoamento EDP-Alqueva-R=4800/V=7000 como representativa do escoamento do rio Guadiana a montante de Alqueva. Como esta série apenas apresentava valores entre 1952/1953 e 1981/82 foi necessário completar com a série de escoamento observado em Ponte Mourão de modo a perfazer o período simulado de 1946/47 a 1989/90. Assim, para o período que antecede o ano hidrológico 1952/53 a série de Ponte Mourão foi multiplicada por vários fatores inferiores à unidade de modo a que o escoamento anual igualasse o valor estimado no estudo COBA para o regime modificado. Para o período posterior a 1981/82, considerou-se que o escoamento observado em Ponte Mourão representava o regime modificado para a atual situação de utilização de água em Espanha.

O Quadro 2 apresenta o escoamento médio mensal das secções de interesse ao EFMA.

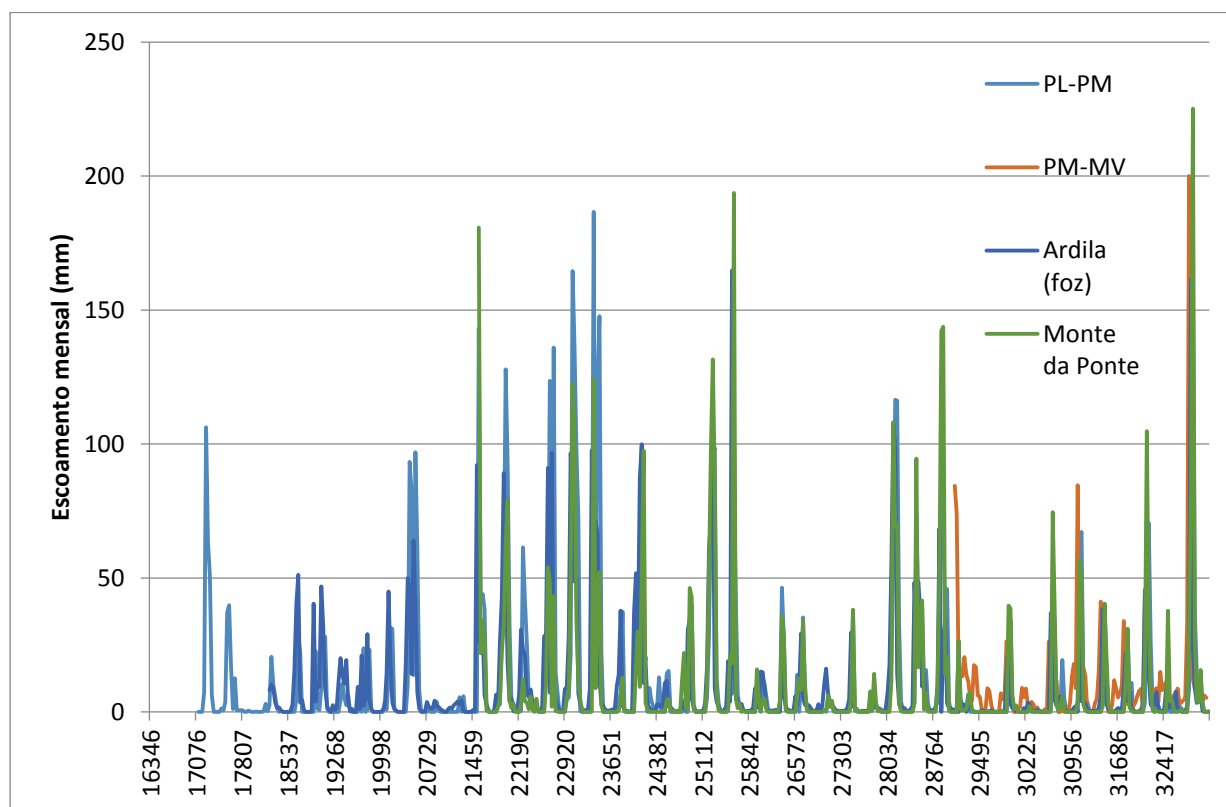


Figura 3 – Escoamento mensal observado em estações hidrométricas da área de influência do EFMA (Ferreira, 2014)

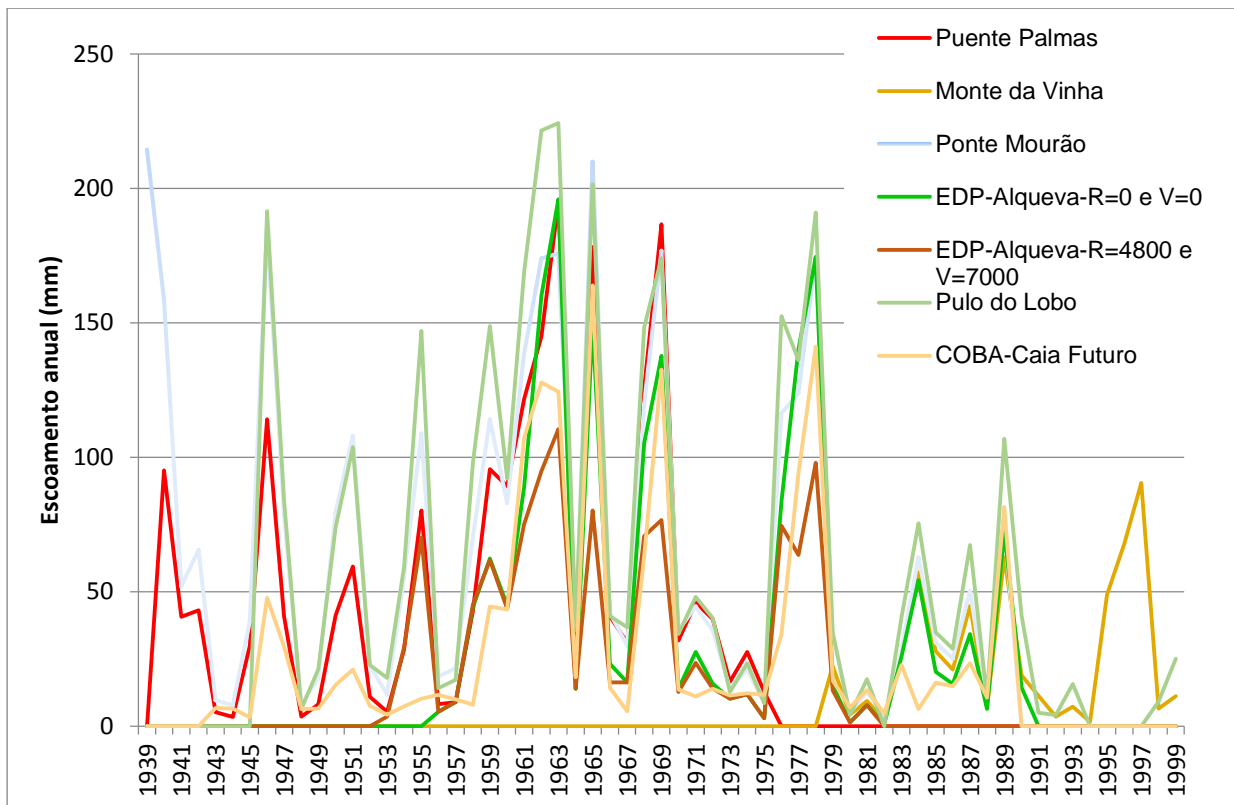


Figura 4 - Escoamento anual de acordo com estudos e estações hidrométricas (Ferreira, 2014)

Quadro 2 - Escoamento médio mensal das secções de interesse do EFMA (dam³)

Sub-bacia Hidrográfica	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Ano (dam³)
Guadiana, montante de Barbosa	27850	126953	353751	471153	474364	363803	168930	34875	24164	12522	13472	17758	2089595
Degebe, montante da Vigia	358	1047	3295	3792	3529	3348	1137	254	79	14	4	8	16865
Degebe, montante de Loureiro	31	91	287	330	307	291	99	22	7	1	0	1	1467
Degebe, montante Monte Novo	3255	9522	29972	34493	32097	30449	10342	2308	721	128	41	74	153402
Degebe, montante Álamos	834	2440	7679	8838	8224	7801	2650	591	185	33	10	19	39304
Degebe, montante da confluência com rio Guadiana e a jusante de Álamos	429	1256	3954	4551	4235	4017	1364	305	95	17	5	10	20238
Xarrama, montante de Vale Gaio	2334	6828	21490	24732	23014	21833	7415	1655	517	92	29	53	109992
Odivelas, montante de Alvito	619	1812	5702	6562	6106	5793	1968	439	137	24	8	14	29185
Odivelas, jusante de Alvito e montante de Odivelas	741	2167	6820	7848	7303	6928	2353	525	164	29	9	17	34904
Marmelar, montante da confluência c/ o rio Guadiana	610	1784	5616	6463	6014	5706	1938	432	135	24	8	14	28745
Odearca, montante de Almeidas	162	473	1490	1715	1596	1514	514	115	36	6	2	4	7626
Alfundão, montante de Pisão	96	282	888	1022	951	902	306	68	21	4	1	2	4546
Alfundão, montante de Penedrão	28	82	258	297	276	262	89	20	6	1	0	1	1320
Roxo, montante de Cinco Reis	84	246	774	890	829	786	267	60	19	3	1	2	3960
Roxo, montante de Roxo	1279	3742	11777	13553	12612	11964	4064	907	283	50	16	29	60276
Calijos, montante de Calijos	40	118	372	429	399	378	129	29	9	2	1	1	1907
Amoreiras, jusante de Pias e montante de Amoreiras	156	455	1433	1649	1534	1456	494	110	34	6	2	4	7333
Amoreiras, montante de Pias	103	300	946	1088	1013	961	326	73	23	4	1	2	4840
Pias, montante de Brinches	106	310	974	1121	1043	990	336	75	23	4	1	2	4986
Amoreiras, jusante de Amoreiras e montante da confluência c/ o rio Guadiana	255	746	2350	2704	2516	2387	811	181	57	10	3	6	12026
Enxoé, montante de Laje	75	218	688	791	736	699	237	53	17	3	1	2	3520
Enxoé, montante de Enxoé	215	628	1977	2275	2117	2009	682	152	48	8	3	5	10119
Enxoé, jusante de Enxoé e de Laje e montante. Serpa	386	1129	3553	4089	3805	3610	1226	274	85	15	5	9	18185
Ardila, montante da EH Ardila Fronteira	10417	283178	78135	102789	87147	77774	32740	11112	5661	1562	776	1617	692909
Ardila, montante Furta Galinhas	161	4390	1211	1594	1351	1206	508	172	88	24	12	25	10743

2.2.3 Evaporação

A evaporação é responsável por uma perda substancial de água, sendo função de variáveis climáticas, como a radiação solar, a temperatura do ar, a humidade relativa e a velocidade do vento. A criação de uma albufeira irá aumentar o volume de água perdida para a atmosfera dada a dimensão da superfície da água exposta, correspondendo a um consumo, no sentido de que há uma diminuição do caudal médio a jusante da barragem (Hipólito & Vaz, 2011).

O Quadro 3 ilustra a taxa de evaporação mensal da barragem de Alqueva e Pedrógão (Oliveira, 1994), cujos valores foram adotados como representantes também da evaporação verificada nas barragens em estudo.

Quadro 3 - Distribuição da taxa de evaporação mensal no EFMA (mm)

Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Total
97	50	26	33	44	87	116	168	204	167	244	164	1400

2.3. Infraestruturas do EFMA

2.3.1 Infraestruturas de armazenamento

O EFMA tem como principais componentes barragens, reservatórios, redes de distribuição primária e secundária, distribuídos nos três subsistemas de infraestruturas que o constituem. Os Quadros 4, 5 e 6 resumem as principais características das albufeiras de cada subsistema. Os dados referidos foram obtidos na Carta Global do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EDIA, S.A, 2013), na aplicação *Story Map*², em relatórios não técnicos (RNT) e na plataforma digital Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens (CNPGB)³.

Desde os pontos de armazenamento de água até ao consumidor final, a água passa por infraestruturas como canais adutores, canais distribuidores e regadeiras. No presente estudo, cujo alcance máximo são os blocos de rega, consideram-se apenas os canais adutores.

Aos dias de hoje apenas o subsistema de Alqueva se encontra em total exploração, tendo sido terminado em 2011. No subsistema do Ardila, grande parte das infraestruturas foi concluída até 2008, estando prevista a conclusão das barragens de Caliços e Pias até 2016, e a de Furta Galinhas no ano seguinte. É de ressaltar que há possibilidade de uma antecipação dos prazos de conclusão destas infraestruturas.

Das quatro barragens que constituem o subsistema de Pedrógão, apenas a barragem de São Pedro está em funcionamento, tendo sido concluída em Março de 2014. Prevê-se a conclusão das barragens de Amendoeira, Almeidas e Magra quando estejam terminadas as obras do subsistema do Ardila. O abastecimento dos blocos de rega associados a este subsistema é assegurado pela albufeira de Pedrógão.

As curvas de área inundada e de volume de armazenamento das barragens de Álamos, Loureiro, Monte Novo, Alvito, Odivelas, Roxo, Pisão, Vale de Gaio e Cinco Reis foram obtidas a partir do relatório AQUALOGUS, ACTION MODULER, EDIA (2013). Quanto às restantes barragens, para as quais não se conhecem as curvas de área inundada, assumiu-se uma função linear entre a área inundada ao NPA (APA) e a área inundada ao NmE (considerada de 80% da primeira): No que respeita à curva de volumes armazenados o procedimento foi análogo, adotando-se uma parcela de 75% do volume em pleno armazenamento para o volume mínimo de exploração. Os Quadros 4, 5 e 6 resumem as características mais relevantes das infraestruturas de armazenamento que constituem o empreendimento.

² www.edia.pt

³ <http://cnpgb.apambiente.pt/>

Quadro 4 - Características das infraestruturas de armazenamento do subsistema de alqueva

Albufeira	Ano de conclusão	Curso de Água	V. Total (hm ³)	V. Útil (hm ³)	APA (km ²)	NPA (m)	NMC (m)	NmE (m)	Blocos de rega alimentados	Albufeira que abastece
Alqueva	2002	Guadiana	4150	3150	250	152	154.7	135	-	Álamos
Vigia	1981	Degebe	16.725	15.58	2.62	224	224.75	199	-	-
Monte Novo	1982	Degebe	15.28	14.78	2.77	196	196.8	171	-	-
Álamos	2000	Degebe	17.6	4.4	19.5	227.5	228.1	225	-	Loureiro,
Loureiro	2000	Degebe	6.98	2.48	0.92	222	223.1	219	Monte Novo	Alvito, Monte Novo, Vigia
Alvito	1977	Odivelas	132.5	130	14.8	197.5	198,85	172	Vale de Gaio, Alvito Pisão, Beringel Beja, Loureiro Alvito, FFV	Vale de Gaio, Odivelas, Cinco Reis, Pisão, Penedrão
Vale De Gaio	1949	Xarrama	63	58	5.5	40.5	42.5	11	-	-
Odivelas	1972	Odivelas	96	70	9.73	103	104.55	91.3	Associação de Regantes	-
Cinco Reis	2011	Roxo	3.73	1.38	0.4	204	206	198	Cinco Reis Trindade	-
Pisão	2007	Alfundão	8.8	6.69	2.02	155	156	150	Pisão Alfundão	-
Penedrão	2010	Alfundão	5.2	3.6	0.9	170	170.5	167	Ervidel	Roxo
Roxo	1968	Roxo	96.3	89.5	13.78	136	137	124.5	Aljustrel, Rio de Moinhos, Sines	-

Quadro 5 - Características das infraestruturas de armazenamento do subsistema de Ardila

Albufeira	Ano de conclusão	Curso de Água	V. Total (hm ³)	V. Útil (hm ³)	APA (km ²)	NPA (m)	NMC (m)	NmE (m)	Blocos de rega alimentados	Albufeira que abastece
Pedrógão	2005	Guadiana	106	54	11.04	84.8	91.8	79	Pedrógão	São Pedro, Amendoeira
Amoreira	2005	Amoreiras	10.7	9	1.49	135	136.5	125	Orada Amoreira, Amoreira-Caliços, Caliços Moura	Caliços
Caliços	-	Amoreiras	0.8	0.6	0.24	193.35	194.25	190	-	Pias, Furta Galinhas
Furta-Galinhas	-	Ardila	3.75	3	0.8	225	226.01	219	Caliços Machados	-
Pias	-	Amoreiras	5.4	4.2	1.3	182.5	183.52	177.5	Pias	-
Brinches	2005	Ribeira de Pias	10.9	9.57	1.41	135	136,33	121.25	Brinches, Brinches Enxoé	Serpa, Laje, Enxoé
Enxoé	1985 (restruturada em 1998)	Enxoé	10.4	9.5	2.05	175	177.1	160.75	-	-
Laje	2008	Enxoé	4.17	3.37	0.67	177.5	178.9	170	-	-
Serpa	2008	Enxoé	10.18	9.92	1.52	123.95	125.2	105	Serpa	-

Quadro 6 - Características das infraestruturas de armazenamento do subsistema de Pedrógão

Albufeira	Ano de conclusão	Curso de Água	V. Total (hm ³)	V. Útil (hm ³)	APA (km ²)	NPA (m)	NMC (m)	NmE (m)	Blocos de rega alimentados	Albufeira que abastece
São Pedro	2014	Odearca	10.83	10.16	1	142.5	143.5	131	-	Almeidas, Amendoeira
Almeidas	-	Odearca	0.5	0.45	0.1	194	195	190	São Matias I	-
Amendoeira	-	Odearca	1	0.8	0.2	194	195	187.5	-	Magra
Magra	-	Odearca	3	3	0.28	194	195	187.5	S. Pedro-Baleizão, Baleizão-Quintos	-

2.3.2 Esquema do modelo de simulação

A Figura 5 mostra o modelo simplificado que foi introduzido no MIKE HYDRO BASIN e que representa os blocos de rega do EFMA, com respetivos canais de adução e pontos de captação de água. Este modelo foi produzido tendo por base documentos oficiais da EDIA, SA, que apresentam a distribuição geográfica e as ligações a estabelecer entre albufeiras e entre albufeiras e blocos de rega.

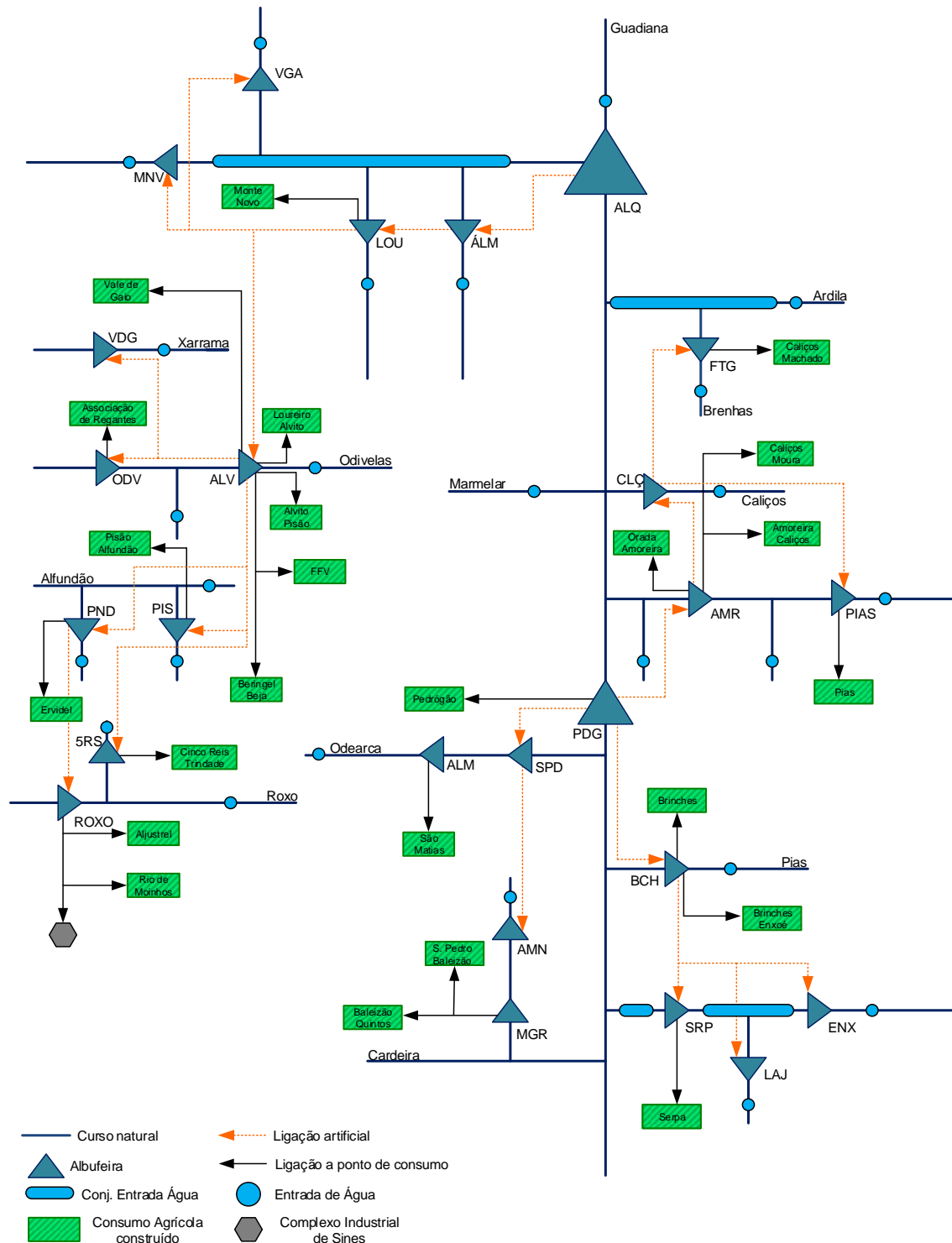


Figura 5 – Modelo simplificado do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

2.4. Necessidades Hídricas

2.4.1 Uso urbano

O EFMA tem a cargo o abastecimento urbano a algumas localidades. A água para estas populações provém das albufeiras do Alvito, Enxoé e Monte Novo. Além de fornecimento urbano são também abastecidos alguns polos industriais a partir das albufeiras de Odivelas e Roxo.

Ao longo do tempo em que o empreendimento foi sendo construído e explorado, algumas albufeiras inicialmente pertencentes ao EFMA, foram entregues a associações e cooperativas agrícolas locais que se encarregam da gestão das infraestruturas. São exemplo, as albufeiras de Enxoé e Monte Novo têm um funcionamento independente do EFMA e só recorrem a Alqueva em situações extremas de necessidade. Deste modo os encargos de abastecimento público destas albufeiras não constituem uma necessidade a nível de fornecimento de água e não foram contempladas no estudo descrito.

A albufeira de Alvito, por sua vez, não possui uma gestão independente do EFMA. No entanto as necessidades de abastecimento público são muito reduzidas face às necessidades agrícolas que esta albufeira comporta. Além disso, e por questões de segurança, esta albufeira possui uma reserva de água de 1,5 vezes a capacidade útil de armazenamento, a partir da qual não é fornecida água para rega conferindo assim total prioridade ao abastecimento público em possíveis situações adversas. Deste modo não foi discriminado qualquer encargo de abastecimento público associado à albufeira de Alvito, apenas encargos com rega.

Ainda que não tenha sido considerado o abastecimento urbano pela albufeira do Enxoé, esta abastece as regiões de Beja, Ferreira e Aljustrel.

Já as albufeiras do Roxo e de Odivelas são um caso particular. A albufeira do Roxo tem a seu cargo dois perímetros agrícolas (Quadro 4) e o Complexo Industrial de Sines que pede a Alqueva cerca de 10 hm³ anuais. A albufeira de Odivelas tinha a seu cargo o bloco de rega da Infraestrutura 12 que atualmente está entregue a uma gestão independente, mas fornece água à Associação de Regantes de Odivelas à qual são fornecidos também 10 hm³ por ano.

No Quadro 7 estão apresentados os valores das necessidades hídricas mencionadas acima, sendo de salientar a ordem de grandeza dos caudais associados ao Monte Novo e Alvito, face à quantidade fornecida a Sines e à Associação de Regantes de Odivelas. Os resultados aqui apresentados são provenientes do estudo já referido da parceria AQUALOGUS, ACTION MODULER E EDIA (2013), tendo em conta os dados provenientes das ETA locais.

Quadro 7 – Volume mensal para abastecimento urbano (dam³)

Mês	Monte Novo	Alvito	Sines	Associação Regantes
Janeiro	818.4	260.4	0	0
Fevereiro	765.6	243.6	0	0
Março	818.4	260.4	0	0
Abril	792	252	2462	0
Mai	818.4	260.4	2277	2000
Junho	792	252	0	2000
Julho	818.4	260.4	0	2000
Agosto	818.4	460.4	0	2000
Setembro	792	252	0	2000
Outubro	818.4	260.4	2678	0
Novembro	792	250	2592	0
Dezembro	818.4	260.4	0	0
Total/Ano	9662.4	3272.4	10009	10000

Para o presente estudo interessa saber a capacidade de satisfação das necessidades hídricas que estão diretamente afetadas a Alqueva, ou seja, aquelas necessidades que independentemente da ocorrência ou não de anos secos, são preenchidas por uma gestão inteiramente do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva e das entidades que o gerem. Deste modo, e pelo contexto feito no início deste subcapítulo, para efeitos de simulação apenas foram consideradas as necessidades que ocorrem junto da albufeira de Odivelas e do Roxo, a abastecer, respetivamente, a Associação de Regantes de Odivelas e o Complexo Industrial de Sines.

2.4.2 Uso agrícola

Para a definição das necessidades agrícolas subjacentes ao EFMA foi necessário o estudo cuidadoso da informação contida nos Quadros 8 e 9.

Na região foram identificadas como dominante as culturas do olival, milho, vinha, girassol tomate e melão, pelo que a determinação das necessidades hídricas centrou-se sobretudo no desenvolvimento deste tipo de espécies. Uma vez que o girassol, tomate e melão ocorrem de um modo mais pontual e com menos expressão que os demais, designou-se “mistura” ao conjunto desta produção

O Quadro 8 apresenta as necessidades hídricas determinadas para o bom desenvolvimento das culturas já identificadas, e considerou-se que a rega ocorre entre os meses de maio e setembro uma vez que é neste período que a procura de água é mais acentuada.

Quadro 8 – Necessidades hídricas em função da cultura, entre Maio e Setembro (mm)

Culturas	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Olival	1	75	85	81	44
Milho	69	144	263	179	19
Vinha	15	95	131	108	38
Girassol	73	219	183	35	0
Tomate	67	96	173	163	6
Melão	68	157	214	51	0

O Quadro 9 distribui em área a proporção de culturas praticadas em cada bloco de rega nos três subsistemas, de acordo com a localização e tradição em desenvolver este tipo de culturas (AQUALOGUS, ACTION MODULER, EDIA, 2013)

O Quadro 10 resume a distribuição em área do mesmo tipo de culturas referido no Quadro 9, nos três subsistemas em causa. É possível constatar as diferenças existentes nas culturas praticadas nas três zonas do EFMA.

Quadro 9 – Cultura praticada em cada bloco de rega, projeto inicial

Subsistema	Bloco	Culturas (ha)				Total Bloco (ha)
		Olival	Milho	Vinha	Mistura	
Alqueva	Monte-novo	0	1415	1100	5360	7875
Alqueva	Loureiro-Alvito	0	550	400	150	1100
Alqueva	Vale de Gaio	0	1415	0	2524	3939
Alqueva	Infra-estrutura12	5645	0	0	0	5645
Alqueva	Alvito-Pisão	3114	0	3600	2542	9256
Alqueva	Beringel-Beja	5106	0	0	0	5106
Alqueva	Pisão-Alfundão	6622	0	0	0	6622
Alqueva	Ferreira-Figueirinha-Valbom	4943	0	0	0	4943
Alqueva	Ervidel	0	1415	0	6481	7896
Alqueva	5 Reis-Trindade	0	1415	0	4200	5615
Alqueva	Aljustrel	0	1176	0	0	1176
Alqueva	Rio de Moinhos	0	4400	0	0	4400
Ardila	Orada-Amoreira	1588	265	0	794	2646
Ardila	Amoreira-Caliços	1280	213	0	640	2134
Ardila	Caliços-Moura	918	153	0	459	1530
Ardila	Caliços-Machado	2801	467	0	1400	4668
Ardila	Brinches	3304	551	0	1652	5506
Ardila	Pias	2819	470	0	1409	4698
Ardila	Brinches Enxoé	3068	511	0	1534	5114
Ardila	Serpa	2810	468	0	1405	4683
Pedrogão	Pedrogão-Selmes	4668	0	0	0	4668
Pedrogão	São Matias	0	720	980	4106	5806
Pedrogão	São Pedro Baleizão	4775	280	980	0	6035
Pedrogão	Baleizão-Quintos	4775	720	0	2510	8005
Total projeto inicial						119066

Quadro 10 – Distribuição das culturas nos subsistemas (ha)

Cultura	SS. Alqueva		SS. Ardila		SS. Pedrogão	
	Área	%	Área	%	Área	%
Olival	25430	40.00	18587	60.00	14218	58.00
Milho (humano/animal)	7630	12.00	3098	10.00	1720	7.02
Vinha	5100	8.02	0	0.00	1960	8.00
Girassol	25413	39.97	9294	30.00	6616	26.99
Tomate						
Melão						
Total	63573	100.00	30979	100.00	24514	100.00

É objetivo desta dissertação analisar a capacidade de satisfação das necessidades agrícolas dos blocos de rega associados ao empreendimento na fase inicial de projeto, com 120 mil ha, e numa fase de expansão seguinte, com 160 mil ha. No Quadro 11 estão contabilizadas as necessidades hídricas para fim agrícola previstas no projeto inicial, em função da distribuição

das culturas praticadas e das necessidades hídricas para o correto desenvolvimento das plantações, tendo em conta a informação presente nos Quadros 9 e 10.

Quadro 11 – Distribuição em área e necessidades hídricas em cada bloco de rega previstas para o projeto inicial

Subsistema	Bloco	Culturas (ha)				Total Bloco (ha)	Necessidade (dam ³)					Total (dam ³)
		Olival	Milho	Vinha	Mistura		Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	
Alqueva	Monte Novo	0	1415	1100	5360	7875	4858	11516	15346	8170	794	40683
Alqueva	Loureiro Alvito	0	550	400	150	1100	544	1408	2256	1541	260	6008
Alqueva	Vale de Gaio	0	1415	0	2524	3939	2726	6009	8517	4628	319	22199
Alqueva	Alvito Pisão	3114	0	3600	2542	9256	2334	9755	12193	8520	2789	35590
Alqueva	Beringel Beja	5106	0	0	0	5106	51	3830	4340	4136	2247	14603
Alqueva	Pisão Alfundão	6622	0	0	0	6622	66	4967	5629	5364	2914	18939
Alqueva	Ferreira-Figueirinha-Valbom	4943	0	0	0	4943	49	3707	4202	4004	2175	14137
Alqueva	Ervidel	0	1415	0	6481	7896	5470	12234	16035	7912	398	42050
Alqueva	Cinco Reis Trindade	0	1415	0	4200	5615	3888	8646	11701	6019	353	30607
Alqueva	Aljustrel	0	1176	0	0	1176	811	1693	3093	2105	223	7926
Alqueva	Rio de Moinhos	0	4400	0	0	4400	3036	6336	11572	7876	5152	33972
Ardila	Orada Amoreira	1588	265	0	794	2646	749	2821	3554	2418	765	10306
Ardila	Amoreira Caliços	1280	213	0	640	2134	604	2275	2866	1950	617	8312
Ardila	Caliços Moura	918	153	0	459	1530	433	1631	2055	1398	442	5959
Ardila	Caliços Machados	2801	467	0	1400	4668	1321	4976	6269	4267	1349	18182
Ardila	Brinches	3304	551	0	1652	5506	1558	5869	7395	5032	1591	21446
Ardila	Pias	2819	470	0	1409	4698	1330	5008	6309	4294	1358	18299
Ardila	Brinches Enxoé	3068	511	0	1534	5114	1447	5452	6868	4674	1478	19919
Ardila	Serpa	2810	468	0	1405	4683	1325	4992	6289	4280	1353	18240
Pedrogão	Pedrogão	4668	0	0	0	4668	47	3501	3968	3781	2054	13350
Pedrogão	São Matias	0	720	980	4106	5806	3491	8428	10979	5755	591	29244
Pedrogão	S. Pedro Baleizão	4775	280	980	0	6035	388	4915	6079	5427	2527	19336
Pedrogão	Baleizão Quintos	4775	720	0	2510	8005	2285	8567	10721	7240	2288	31101

A informação relativa aos blocos de rega, sua distribuição e necessidades hídricas, até este momento apresentada não contempla a alocação nem caracterização dos 40 mil ha a introduzir na situação de expansão do EFMA. A distribuição e alocação das necessidades hídricas para este cenário foi feita de uma forma análoga, assumindo que os blocos de rega do plano de expansão contêm as mesmas culturas consoante os blocos de rega adjacentes, previstos no projeto inicial do empreendimento em que se inserem.

2.5. Fins ecológicos

Com o estabelecimento do conceito de caudal ecológico pretende-se assegurar, a jusante de uma barragem, a permanência dos ecossistemas que naturalmente ali se instalaram e cuja subsistência pode estar comprometida com perturbações exteriores à natureza. Neste sentido foram introduzidos no *software* utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho valores mínimos de caudais a ser mantidos a jusante de certas albufeiras.

O volume para manutenção ecológico foi retirado de AQUALOGUS, ACTION MODULER, EDIA (2013) (Quadro 1). De acordo com este relatório sabe-se que para as albufeiras de Vale de Gaio e de Monte Novo os volumes para manutenção ecológica não são da responsabilidade da EDIA e que às albufeiras de Cinco Reis e de Penedrão não foi designado qualquer débito de caudal ecológico uma vez que não têm aflúncias próprias que o justifiquem.

Quadro12 – Volume para manutenção ecológica (dam³)

Albufeira/Mês	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Álamos	34.3	33.2	34.3	68.6	64.2	68.6	24.9	25.7	24.9	1.1	1.1	1.1
Loureiro	10.2	29	62.7	122.4	122.3	110.1	35.5	15.8	2.1	0	0	0
Res. R4 /MNV	29.5	36.2	29.4	25.6	23.2	17.9	16	7.9	1.8	1.6	8.3	23.4
Alvito	62.4	178.8	390.5	763.1	765	685.7	222.4	97.5	12.2	0.8	0	2.9
Pisão	187	147.7	317.9	140.3	156.3	84.6	34	6.2	0	0	0	1
Roxo	126.7	544.3	562.5	562.5	508.8	376.9	151.9	41.2	6.7	2.9	3.7	8
Odivelas	227.7	453.6	1031.2	1499.9	1354.8	1499.9	777.6	289.3	59.6	61.6	61.6	59.6

2.6. O plano de expansão do EFMA

O plano de expansão do EFMA prevê o aumento da área de rega em cerca de 40 mil ha, não estando prevista a construção de mais albufeiras. No Quadro 13 apresentam-se os novos blocos, distribuídos segundo o subsistema em que se incluem. Esta distribuição de blocos e respetivas áreas e culturas foi fornecida pessoalmente tendo em conta o projeto de expansão previsto pela EDIA para o EFMA.

A estimativa das culturas praticadas em cada bloco de rega deste plano de expansão teve por base a agricultura que é praticada atualmente nos blocos de rega adjacentes já existentes, cuja informação está refletida no Quadro 11, e foram mantidas as necessidades urbanas indicadas no Quadro 7.

Quadro 13 - Necessidades hídricas em cada bloco de rega para o plano de expansão

Subsistema	Bloco	Culturas (ha)				Total Bloco (ha)	Necessidade (dam ³)					Total (dam ³)
		Olival	Milho	Vinha	Mistura		Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	
Alqueva	Cuba Odivelas	1009	0	1167	824	3000	76	316	395	276	90	1153
Alqueva	Reguengos	0	1797	1397	6806	10000	617	1462	1949	1037	101	5166
Alqueva	Évora	0	500	400	2100	3000	186	440	583	307	29	1545
Alqueva	Baronia	0	287	0	513	800	55	122	173	94	6	450
Alqueva	Viana	0	1293	0	2307	3600	249	549	778	423	29	2028
Alqueva	Vidigueira	360	180	480	180	1200	32	127	175	128	38	500
Alqueva	Monsaraz	750	0	1250	500	2500	54	254	323	237	82	950
Alqueva	Luçefécit	0	980	140	280	1400	89	198	329	214	25	855
Ardila	V. N. S. Bento	2040	340	0	1020	3400	96	362	457	311	98	1324
Ardila	Póvoa-Amareleja	6000	950	0	2550	9500	248	988	1244	868	287	3635
Pedrogão	Cabeça Gorda	2500	320	0	1280	4100	113	435	540	366	119	1573
Pedrogão	Marmelar	1200	0	0	0	1200	1	90	102	97	53	343

Na Figura 6 está apresentado o esquema final do EFMA contemplando o plano de projeto e o plano de expansão descritos até esta parte.

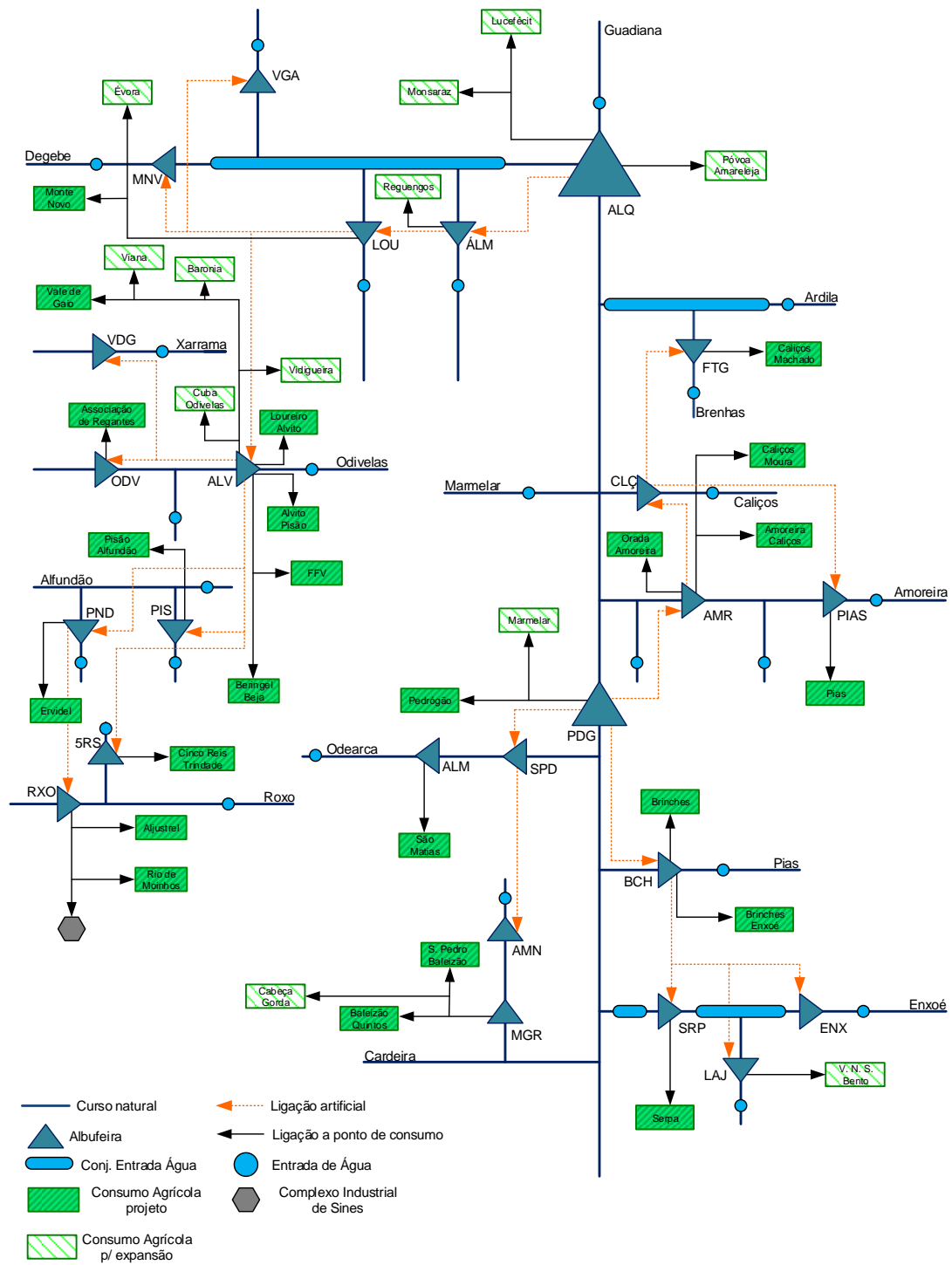


Figura 6 - Esquema do Plano de Expansão do EFMA

3. Simulação Matemática da operação de empreendimentos hidráulicos

3.1. Introdução

Os modelos matemáticos de simulação de aproveitamentos hidráulicos permitem descrever o que irá acontecer ao longo do tempo em determinados pontos do sistema, caso se implementem determinadas infraestruturas ou se adotem certas regras de exploração e de atribuição de água. São, por isso, ideais para responder a questões do tipo “Se... Então?”.

Os modelos de simulação permitem uma descrição muito pormenorizada dos sistemas de recursos hídricos, a incorporação de séries hidrológicas extensas que representam a oscilação das variáveis de entrada e a utilização de um conjunto alargado de indicadores de desempenho do sistema. No entanto, este tipo de modelos apresenta uma desvantagem quando são utilizados para identificar a melhor configuração de um sistema ou as regras mais adequadas para os gerir. A procura das soluções mais adequadas tem de ser realizada manualmente, sendo necessário um número considerável de iterações para se chegar a uma solução perto da ótima.

No que toca à gestão de recursos hídricos, aplica-se simulação matemática a vários temas de entre os quais, o pré-dimensionamento de infraestruturas, a verificação do cumprimento das necessidades de água alocadas a determinado aproveitamento hidráulico tendo em conta as políticas de gestão utilizadas para o efeito, ou a definição de novas políticas de gestão de modo a que se cumpram as necessidades e requisitos hídricos associados.

Na operação de aproveitamentos hidráulicos, a simulação matemática permite determinar as regras de operação que melhor satisfazem a relação entre o volume de água disponível e as necessidades a cumprir. Mais concretamente, a simulação matemática permite o cálculo dos volumes de água possíveis de armazenar em albufeiras, o seu transporte por cursos de água ou canais de adução, até à utilização da água numa bacia hidrográfica em diversos âmbitos. Com base nestes fluxos de água estimam-se vários indicadores de desempenho do sistema, tendo em conta as infraestruturas existentes, as disponibilidades e necessidades de água da bacia hidrográfica e as regras de operação do sistema (Simões e Oliveira, 2014).

Os modelos criados nos diferentes programas disponíveis constituem importantes instrumentos de apoio à decisão já que, simulando vários cenários que acompanham a evolução de uma mesma bacia hidrográfica, permitem a avaliação das políticas de gestão que compatibilizam as necessidades de água e com as disponibilidades hídricas. Com estes modelos é possível prever também o desempenho das diversas infraestruturas e regras de gestão face a situações adversas como, secas e inundações, alterações climáticas, etc.

Os sistemas de aproveitamentos hidráulicos em modelos de simulação são descritos com base em arcos e nós, em que os arcos definem os cursos de água naturais ou os canais de adução e de distribuição, e os nós os locais de armazenamento (aquíferos ou reservatórios), pontos de afluência ou consumo de água, entre outros.

Os parâmetros iniciais a introduzir no programa identificam e caracterizam as infraestruturas de armazenamento, adução e distribuição de água, e os locais de consumo de água (por exemplo, centros urbanos, perímetros de rega ou polos industriais). É também um dado inicial as afluências a uma dada secção. Como resultados nestes modelos tem-se o volume de água armazenado e transportado nas várias infraestruturas e um conjunto de indicadores que permitem avaliar o desempenho do sistema.

Em relação às regras de operação do sistema os modelos matemáticos podem distinguir-se como tendo regras *supply driven* ou *demand driven*. No primeiro tipo de modelos, as regras de operação são definidas de forma explícita pelo utilizador que deve indicar a quantidade de água atribuir a cada ponto de consumo em função do volume de água disponível. Os modelos definidos por *demand driven rules* incluem módulos de otimização que procuram determinar a melhor forma de satisfazer os objetivos estabelecidos pelo utilizador. (Simões & Oliveira, 2014; Ferreira, 2014)

De um modo geral os modelos de simulação são pensados para estudos hídricos relacionados com os assuntos de planeamento e gestão da água. São utilizados também para satisfazer as suas necessidades a diversos níveis do processo de decisão e de planeamento em sistemas.

No próximo subcapítulo apresenta-se uma breve descrição de alguns dos programas utilizados no âmbito da simulação matemática aplicada à gestão de recursos hídricos. Segundo Loucks et al (2005) há alguns critérios para basear a escolha do modelo a utilizar num estudo de recursos hídricos:

- Identificar o problema, a informação necessária e as questões que devem ser resolvidas;
- Usar o método mais simples que garante a resposta com um nível de precisão adequada;
- Selecionar o modelo consoante o problema, em vez de selecionar o problema consoante o modelo;
- Ponderar se um eventual aumento da precisão é justificado pelo esforço e aumento da recolha de dados;
- Ter em conta as premissas do modelo e não sobreavaliar os resultados da simulação.

As regras de operação podem ser tradicionais, que definem com grande precisão a quantidade de água a disponibilizar em albufeiras para todas as combinações hidrológicas e condições de armazenamento em albufeiras possíveis, ou regras de operação definidas de acordo com as preferências de fornecimento e as prioridades de satisfação de necessidades.

3.2. Principais modelos existentes

3.2.1 WEAP- Water Evaluation and Planning

O WEAP é um modelo de simulação genérico, desenvolvido no *Stockholm Environment Institute's*, que auxilia o planeamento e a gestão de recursos hídricos. Engloba processos físicos hidrológicos e gestão da procura em infraestruturas de modo a permitir a análise de cenários múltiplos, incluindo cenários climáticos alternativos e pressões antropogénicas. As simulações deste *software* são construídas como um conjunto de cenários com diferentes intervalos de tempo de simulação. O modelo hidrológico procede à atualização do estado hidrológico em cada passo de cálculo através de um balanço de massas. No WEAP existe um módulo de água subterrânea que contempla a transferência de água entre curso de água e aquífero.

O núcleo central deste *software* considera a distribuição da procura de água e tende a satisfazê-la de acordo com prioridades definidas pelo utilizador.

O problema de programação linear soluciona a questão da alocação de água tentando maximizar a satisfação da procura, sujeita às preferências de fornecimento e às prioridades de procura, e usando políticas operacionais das albufeiras que minimizem as distâncias para condições ideais.

O WEAP caracteriza-se como tendo regras de operação *demand driven*, operando com um passo de cálculo mensal.

3.2.2 Aquatool

O AQUATOOL, desenvolvido pelo Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente da Universitat Politècnica de València é um sistema de suporte à decisão (DSS) com regras de operação *demand driven*. Foi concebido para gestão operacional e planeamento de etapas em tomadas de decisão em bacias complexas que englobam várias albufeiras, aquíferos e pontos de consumo. O sistema DSS sofreu várias melhorias e hoje em dia contém diversos módulos: um módulo de simulação (SimWin), um módulo de gestão de sistemas de recursos hídricos contemplando o risco de seca (SimRisk), um módulo de otimização com passo de cálculo mensais (OptiWin), e um módulo de simulação de água subterrânea por um modelo de valores próprios, para simular a distribuição de água subterrânea.

No AQUATOOL o utilizador tem a possibilidade de controlar este processo dando pesos que definem a prioridade de satisfação das necessidades e utilização dos recursos disponíveis.

3.2.3 IRAS 2010-Interactive River and Aquifer Simulation

O IRAS-2010 é um programa concebido na *Cornell University* em associação com outras entidades e corre numa interface geográfica denominada de *Hydroplatform* (Simões & Oliveira, 2010) Este *software* já foi aplicado a casos portugueses, nomeadamente para modelar a bacia hidrográfica do Guadiana em Portugal (Oliveira, 1995; Brandão & Rodrigues, 2000) e do Sorraia (Simões e Oliveira, 2014). Com regras de operação do tipo *supply driven*, o IRAS-2010 avalia a capacidade de satisfação das necessidades de água.

O passo de cálculo é fixo e a definir pelo utilizador podendo ser diário ou mensal. O programa permite calcular os fluxos de água que ocorrem nos nós e nos arcos que constituem o modelo, podendo ainda determinar o consumo de água ou a produção de energia associada a esses fluxos. O IRAS-2010 tem a particularidade de permitir um fluxo bidirecional nos arcos do modelo, que surge como vantagem para a modelação de redes de drenagem de regiões planas, onde o sentido de escoamento depende da distribuição de água pela região. (Simões e Oliveira, 2014).

Entre outras potencialidades do IRAS-2010 refere-se a possibilidade de definição de perdas de água por evaporação e infiltração, em função do volume armazenado nos nós ou aduzido nos arcos (Simões e Oliveira, 2014); a simulação de processos de água simples, com a ressalva de se definir um passo de cálculo diário e a avaliação da capacidade de satisfação de vários parâmetros, entre eles, a satisfação das necessidades de água ou de energia; e também a manutenção do volume armazenado em albufeiras e aquíferos.

3.2.4 WRAP- Water Rights Analysis Package

WRAP, desenvolvido pela *Texas Commission on Environmental Quality*, simula um sistema de rio ou albufeira sob um sistema baseado na prioridade de alocação de água.

O modelo assume um passo de cálculo mensal, e é capaz de modelar a disponibilidade e qualidade da água e a capacidade de satisfação das necessidades de água. Permite definir um regime de caudais ecológicos, produção de energia hidroelétrica e armazenamento em albufeiras. (Moreira, Rani 2010)

3.2.5 RIBASIM- River Basin Planning and Management

RIBASIM é um modelo genérico para simular o comportamento de bacias hidrográficas sob várias condições hidrológicas desenvolvido por DELTARES, pelo Delft Institute, Holanda.

O RIBASIM incide sobretudo na descrição hidrológica e hidrográfica de bacias hidrográficas e estabelece ligações em vários locais de entrada de água com a respetiva utilização de água no sistema de abastecimento. Permite ao utilizador definir cenários de operação/planeamento

onde cada cenário é caracterizado por uma regra de operação particular e/ou previsão de abastecimento de água (Sechi & Sullis, 2010).

Dadas as capacidades gráficas do RIBASIM é possível comparar os cenários com base nos objetivos definidos. Além disso a análise da procura de água pode ser feita a vários níveis: demográfico, económico e até consoante as exigências hídricas da cultura a abastecer. Neste sentido, é possível fazer-se uma comparação entre as procuras atuais e futuras, contemplando horizontes diferentes ou avaliar a produção de uma cultura e danos subjacentes no caso de escassez de água.

RIBASIM é um modelo de apenas simulação baseado numa aproximação convencional suportada por regras simples do tipo “Se... Então?”

3.2.6 MIKE HYDRO BASIN

MIKE HYDRO BASIN, o *software* usado no presente estudo, é um programa desenvolvido pelo Danish Hydraulics Institute (DHI). É uma ferramenta multiuso adequada à análise integrada, planeamento e gestão de bacias hidrográficas.

Este *software* aplica-se a estudos de gestão integrada de recursos hídricos, resolve problemas de alocação de água a diferentes sectores, melhora as operações associadas às albufeiras e a centrais hidroelétricas e avalia o desempenho do sistema de adução e irrigação bem como a produtividade das culturas. (DHI, 2011).

Permite a definição de rios e a inserção de albufeiras, pontos de consumo e áreas de entradas de água no sistema. Todos estes elementos são caracterizados por *time series files*, ficheiros que no tempo indicam as características que se estão a especificar, por exemplo, a necessidade de água num ponto de consumo como exemplificado na Figura 7.

MIKE HYDRO BASIN exige do utilizador a especificação das regras de operação do sistema, constituindo assim um modelo com regras do tipo *supply driven*.

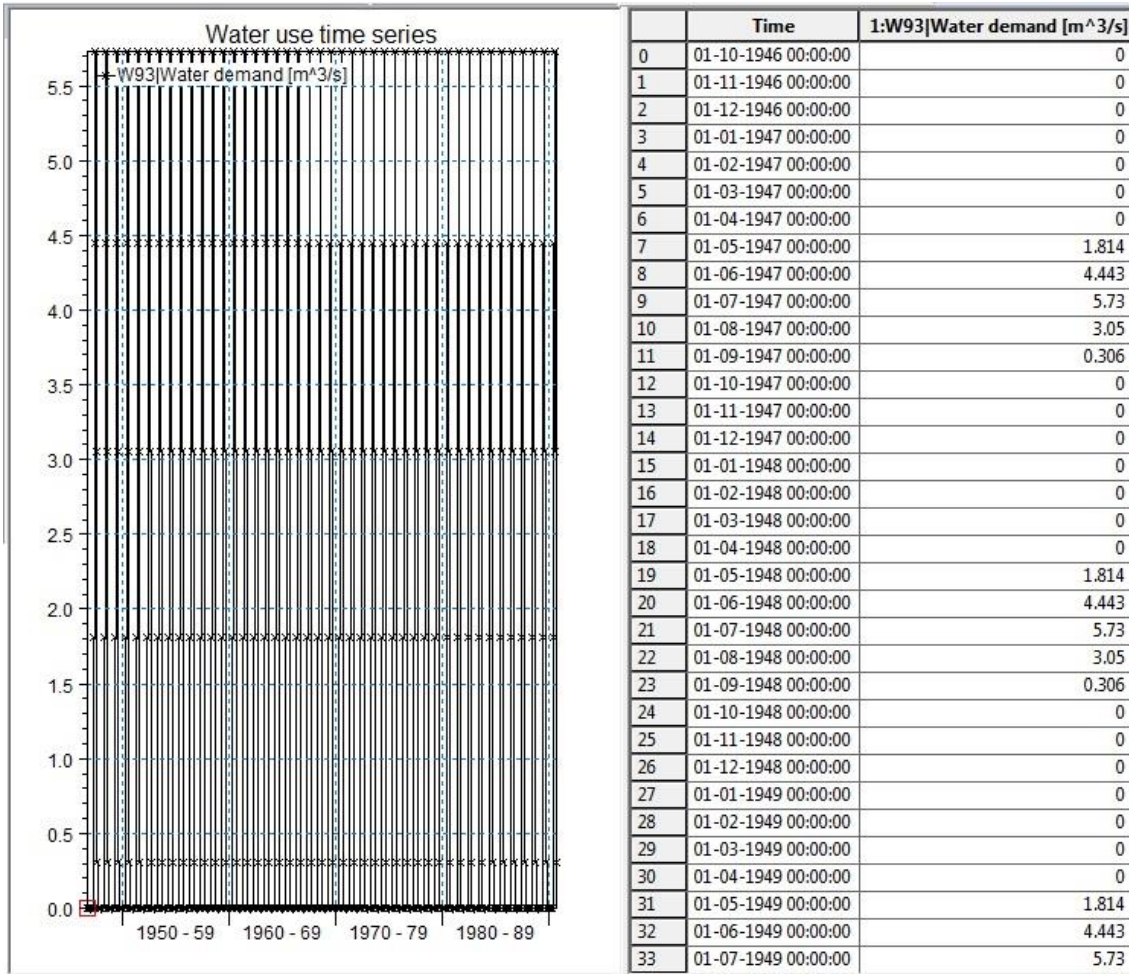


Figura 7 – Exemplo de Water User Time Series

4. Aplicação do MIKE HYDRO BASIN ao caso de estudo

4.1. Descrição geral dos elementos que constituem o modelo

Este capítulo descreve a adaptação do esquema do EFMA, descrito anteriormente e esquematizado nas Figuras 5 e 6, ao *software* utilizado no desenvolvimento desta dissertação, o MIKE HYDRO BASIN.

Com base no esquema da Figura 5 que representa a situação de projeto, desenhou-se o rio Guadiana e os seus principais afluentes como *branches*. Nas cabeceiras dos cursos de água foram definidas bacias hidrográficas (*catchments*), associadas às respetivas aflúências de água ao sistema. Em seguida foram inseridas as albufeiras (*reservoirs*), pontos de consumo (*water users*) e os canais de adução (*connections*) que transportam água entre albufeiras até aos pontos de consumo. A Figura 8 ilustra o modelo construído para a análise da situação de projeto.

Na situação de expansão o desenho foi análogo, mantendo-se a distribuição dos rios, ribeiras, bacias hidrográficas, albufeiras e blocos de rega existentes, adicionando os blocos de rega relativos ao plano de expansão indicados no Quadro 13.

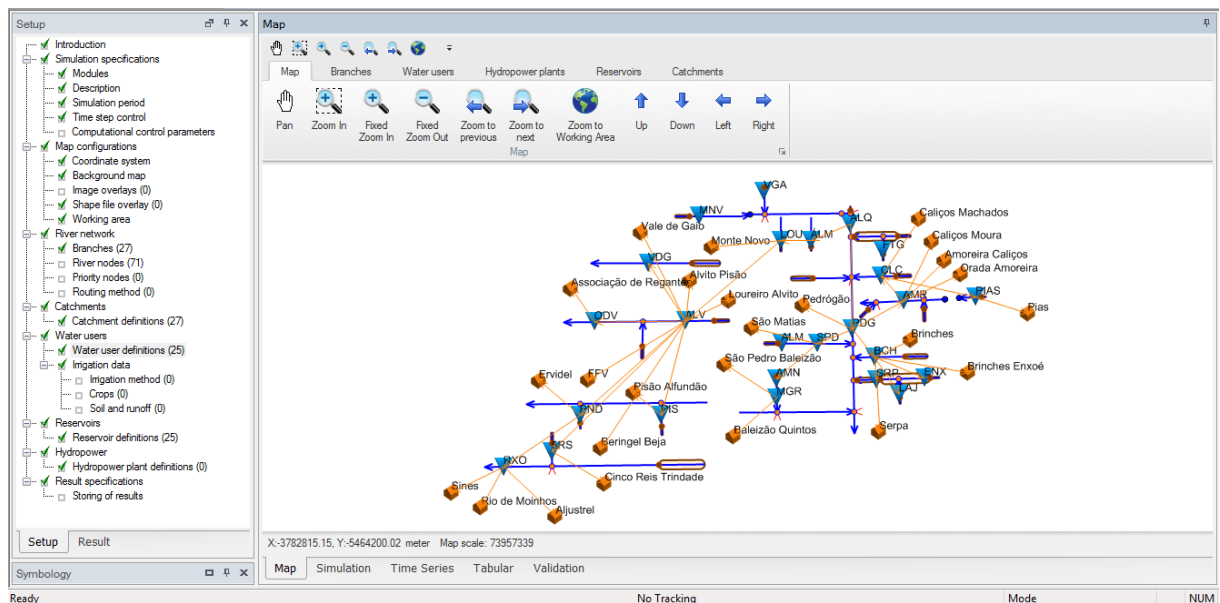


Figura 8 – Aspeto geral do modelo de simulação

4.1.1. Bacias hidrográficas

A especificação das afluições ao sistema é realizada através do conceito de bacia hidrográfica (*catchments*) que está associado a uma série temporal de escoamento gerado na bacia em m^3/s . Estas bacias hidrográficas foram colocadas a montante de cada um dos principais cursos de água da área em estudo, como representado na Figura 5. A Figura 9 ilustra o gráfico criado pela introdução de uma série de escoamento ao longo do período simulado.

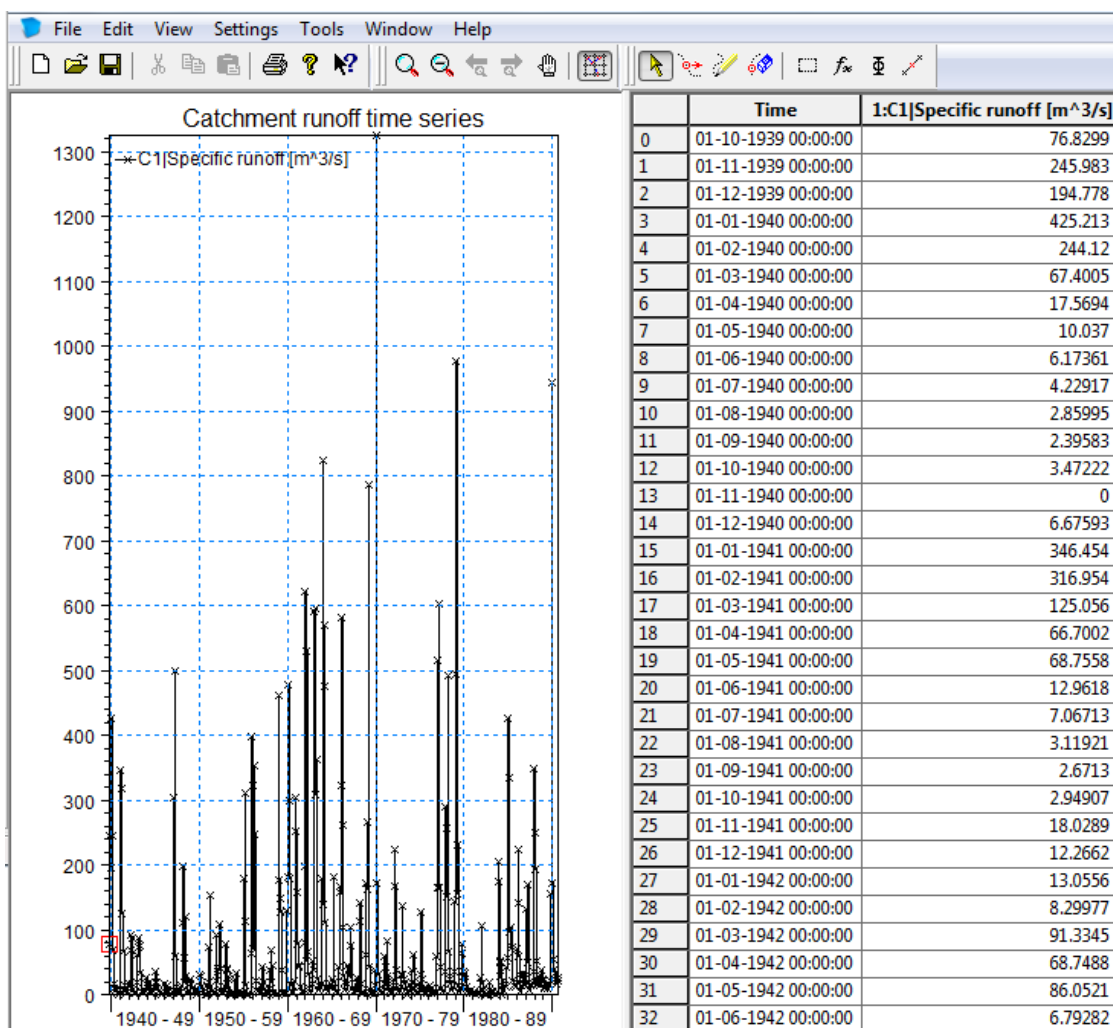


Figura 9 – Definição da série de escoamento a montante de uma albufeira

4.1.2. Albufeiras

A Figura 10 apresenta o menu geral utilizado para a inclusão de albufeiras no MIKE HYDRO BASIN. Adicionando uma albufeira existe um conjunto de características necessárias para a sua definição, umas obrigatórias e outras não, como exemplificado na Figura 11.

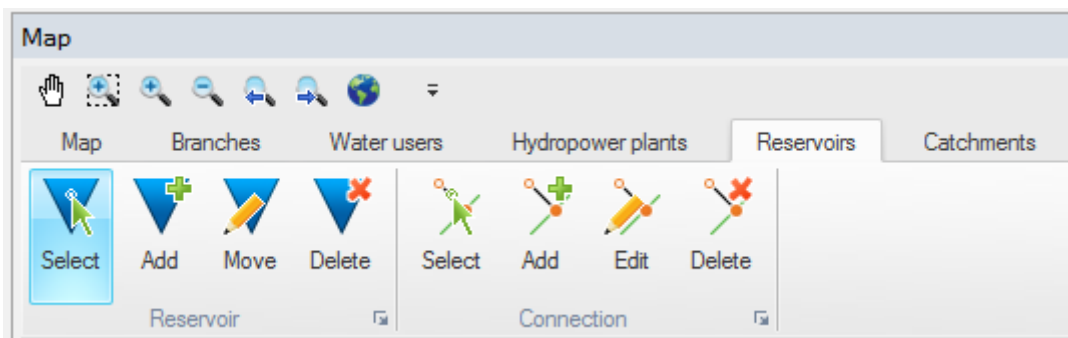


Figura 10 – Separador para a definição de albufeiras

Para a definição de todas as albufeiras que constituem o empreendimento foi selecionado o *Rule Curve Reservoir* como tipo de albufeira. Além deste é possível selecionar também o *Allocation Pool Reservoir* ou *Lakes*. O tipo de albufeira escolhido adequa-se a albufeiras destinadas ao armazenamento simples, onde os pontos de consumo afetos a essa albufeira são abastecidos segundo a mesma regra de operação, competindo pela satisfação da necessidade de água.

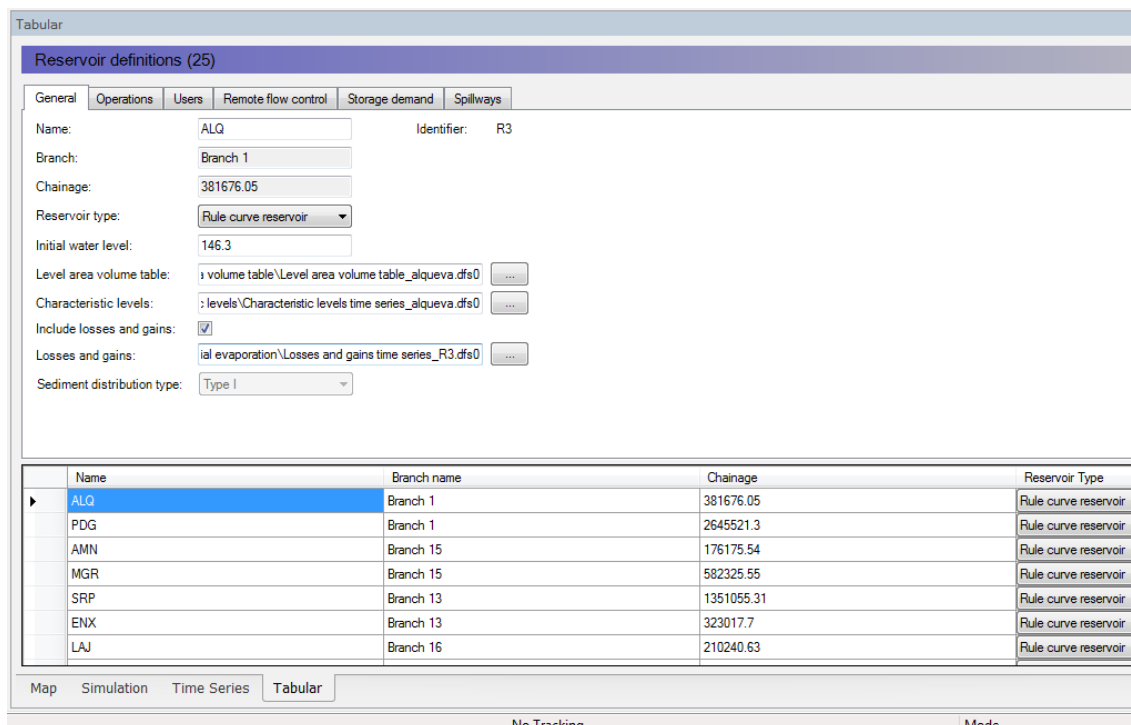


Figura 11 – Definições gerais das albufeiras

Como condição inicial considerou-se que no começo da simulação as albufeiras armazenavam água num 1/3 do seu volume, sendo este dado definido no *software* como *Initial Water Level* (IWL).

Na descrição de cada albufeira é necessário definir a cota do terreno (*Bottom Level*), o Nível Mínimo de Exploração (*Dead Zone Level*) e o Nível de Pleno de Armazenamento (*Dam Crest Level*). O *Bottom Level* foi calculado como sendo a diferença entre a cota do coroamento e a altura do núcleo da barragem.

É ainda necessário especificar a curva da área inundada e a curva de volume armazenado através do ficheiro *Level Area Volume Table*. Estas curvas são as retiradas do relatório AQUALOGUS, ACTION MODULER, EDIA (2013) já mencionado, e nos casos em que não se conheciam as curvas inundadas foram estimadas com base em cinco pontos: cota do terreno, IWL, NmE, NPA e NMC.

É também possível definir perdas de água por evaporação ou infiltração, ou ganhos por precipitação. Neste trabalho apenas considerou a evaporação conforme descrito no capítulo 2 (Quadro 3).

O preenchimento do separador *Operations* exige a definição do nível de água na albufeira a partir do qual há descarga para efeitos de controlo de caudais. Este dado denomina-se de *Flood Control Level* e foi considerado como sendo coincidente com o NPA.

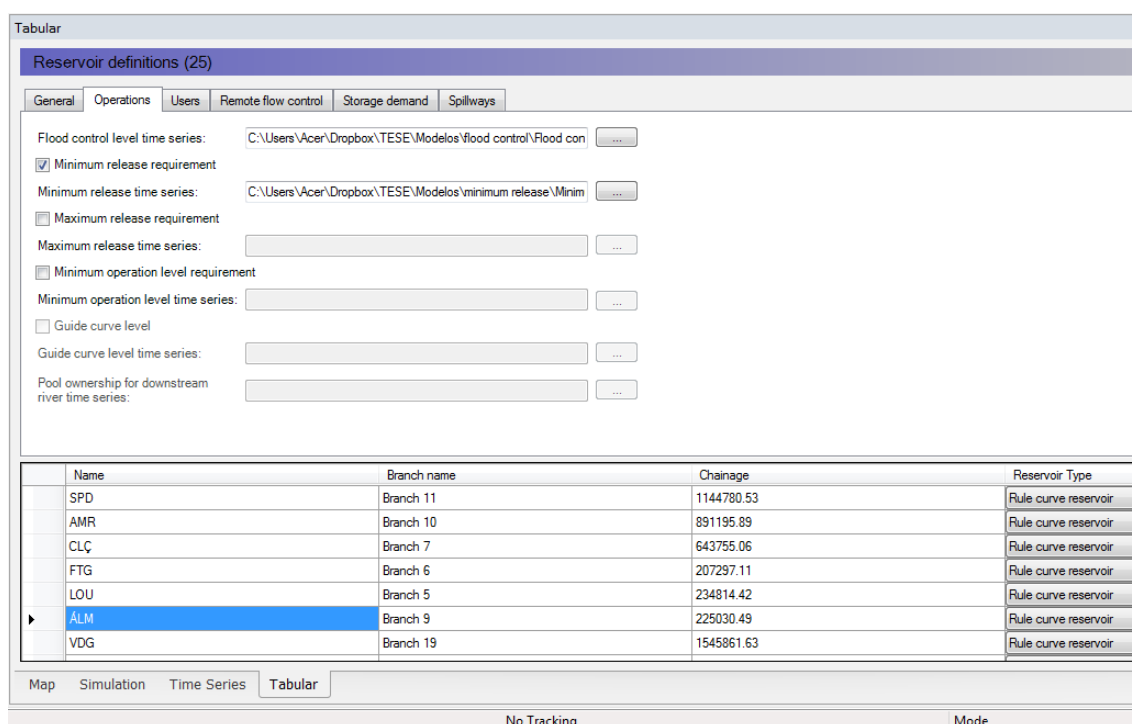


Figura 12 – Definição de operações em albufeiras

Como se observa na Figura 12 há a possibilidade de se definir outros parâmetros operacionais nas albufeiras: valores mínimos de descarga (*minimum release requirement*), valores máximos de descarga (*maximum release requirement*) e também o estabelecimento do nível mínimo de operação (*minimum operation level requirement*). No presente estudo apenas se preencheu o ficheiro *Minimum Release Requirement* que serve especificamente para propósitos ambientais.

Assim, foi acrescentada nesta opção os caudais destinados à manutenção ecológica apresentados no Quadro 12. Esta descarga é efetuada a menos que o nível de água na albufeira seja inferior ao NmE.

4.1.3 Pontos de Consumo

As necessidades hídricas dos perímetros de rega e aglomerados urbanos (Quadros 8 e 11) foram associadas *Water Users*. Considerou-se que o *Return Flow* proveniente de cada perímetro de rega é nulo uma vez que a tecnologia utilizada hoje em dia minimiza as perdas de água que originam retornos ao sistema. Assumiu-se que tendo em conta as tecnologias de rega em uso no EFMA o volume de água alocado às culturas é praticamente todo utilizado pelas plantas e que o caudal de retorno dos aglomerados urbanos é reduzido, quando comparado com os volumes atribuídos à rega. Os dados associados aos pontos de consumo têm unidades de caudal e foram inseridos em formulários, como o representado na Figura 13.

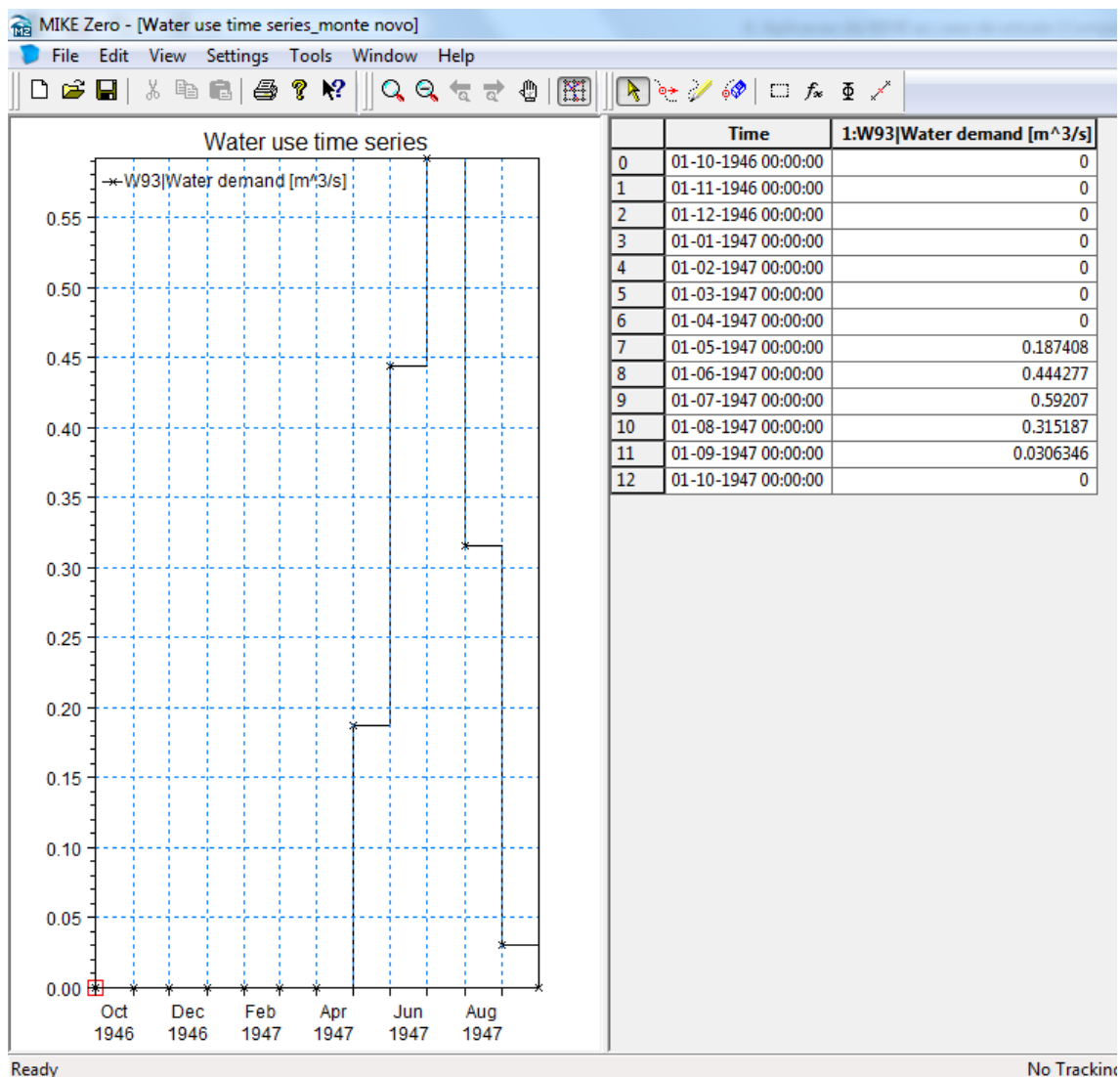


Figura 13 – Exemplo das necessidades de água de um ponto de consumo.

4.2. Regras de operação do sistema

No MIKE HYDRO BASIN as albufeiras podem abastecer pontos de consumo ou outras albufeiras e qualquer elemento que seja alimentado por uma albufeira é considerado um *User* (Figura 14). A sua definição implica o estabelecimento de prioridades de abastecimento bem como a definição do ficheiro *Water Supply Fraction*, que no seu conjunto definem as regras de operação do sistema. Estas regras baseiam-se nos seguintes conceitos:

- *Supply fraction*, frações que estabelecem a relação entre a descida do nível de água numa albufeira e a percentagem reduzida no abastecimento;
- *Storage demand*, quantidade de água que é fornecida entre albufeiras em função das necessidades.

Reservoir definitions (25)									
General Operations Users Remote flow control Storage demand Spillways									
Name	Identifier	Priority	No. of Reduction Levels	Pool ownership timeseries	Has flow loss	Flow loss timeseries	Has flow capacity		
▶ Loureiro Alvito	E111		1	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ Vale de Gaió	E112		2	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ FFV	E115		3	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ Beringel Beja	E116		4	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ Alvito Pisão	E49		5	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ VDG	E75		10	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ ODV	E113		9	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ 5RS	E102		8	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ PND	E114		6	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
▶ PIS	E76		7	1	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		

Name	Branch name	Chainage	Reservoir Type
FTG	Branch 6	207297.11	Rule curve reservoir
LOU	Branch 5	234814.42	Rule curve reservoir
ÁLM	Branch 9	225030.49	Rule curve reservoir
VDG	Branch 19	1545861.63	Rule curve reservoir
ODV	Branch 20	2896729.79	Rule curve reservoir
▶ ALV	Branch 20	939416.01	Rule curve reservoir
5RS	Branch 26	406033.28	Rule curve reservoir

Figura 14 – Definição dos utilizadores das albufeiras

Consoante as ligações existentes (albufeira-albufeira e albufeira-perímetro de rega) a prioridade de cada ligação foi estabelecida na seguinte ordem: perímetro urbano, perímetro de rega e albufeiras. É de notar que é conferida automaticamente pelo programa a prioridade mais elevada aos caudais ecológicos quando, em cada albufeira do sistema, for dada a especificação *Minimum Release Requirement*.

O ficheiro *Water Supply Fraction* pede a definição do *Number of Reduction Levels* e respetiva *Reduction Fraction*. Estes dois parâmetros estabelecem os níveis de água e correspondente fração a partir dos quais há uma redução no fornecimento de água. Esta regra de operação serve como medida de segurança na gestão das albufeiras e uma albufeira pode ter mais que um *reduction levels*.

No modelo de simulação em causa foram testadas várias hipóteses de *reduction levels* para todas as albufeiras, assumindo níveis diferentes de água armazenada e diferentes frações reduzidas consoante o *user* fosse uma albufeira ou um ponto de consumo. No final definiu-se apenas um *reduction level* para cada albufeira, coincidente com o NmE dessa albufeira e a partir da qual não é fornecida água, como se observa na Figura 15. Neste caso as únicas perdas existentes seriam por evaporação, uma vez que não foram definidas perdas por infiltração.

	Time	1:E121 Reduction level [meter]	2:E121 Reduction fraction [0]
0	01-10-1946 00:00:00	135	1
1	01-11-1946 00:00:00	135	1
2	01-12-1946 00:00:00	135	1
3	01-01-1947 00:00:00	135	1
4	01-02-1947 00:00:00	135	1
5	01-03-1947 00:00:00	135	1
6	01-04-1947 00:00:00	135	1
7	01-05-1947 00:00:00	135	1
8	01-06-1947 00:00:00	135	1
9	01-07-1947 00:00:00	135	1
10	01-08-1947 00:00:00	135	1
11	01-09-1947 00:00:00	135	1
12	01-10-1947 00:00:00	135	1

Figura 15 - Exemplo de water supply fraction time series

As regras de operação de albufeiras ficam completamente definidas com o estabelecimento do *Storage Demand*, ficheiro a criar em ligações entre 2 albufeiras e que estabelece a quantidade de água necessária a manter numa albufeira, fornecida pela albufeira a montante.

O *Storage Demand* varia entre albufeiras pelo que, para a definição deste ficheiro foi analisado de jusante para montante todo o circuito de abastecimento em cada subsistema. Foi necessário englobar a satisfação das necessidades dos blocos de rega (presentes nos Quadros 8 e 11), e também as necessidades para o correto funcionamento das albufeiras.

Assim, começou por se definir de jusante para montante a água necessária a manter em cada albufeira de modo a criar uma reserva considerável ao mesmo tempo que os pontos de consumo viam as suas necessidades cumpridas. No EFMA, a partir do mês de outubro não se fornece água às albufeiras de modo a que estas atinjam o NmE até dezembro, poupando água quando não há necessidade de rega. A partir de janeiro inicia-se o fornecimento de água, gradual, de modo a que as albufeiras atinjam em maio o seu NPA estando nas condições ideais de abastecimento às diversas culturas entre junho e setembro. Por outro lado, foi necessário controlar os volumes de água descarregados para jusante em prol de uma poupança de recursos.

Pegando num exemplo, analise-se o circuito das albufeiras do subsistema do Ardila: Pedrógão abastece Brinches, que por sua vez abastece Serpa, Laje e Enxoé; além disso, e como se observa na Figura 5, a este conjunto de albufeiras estão associados 3 blocos de rega:

Brinches, Brinches Enxoé e Serpa. O cálculo para determinação do *Storage Demand* neste caso exigia que Pedrógão fornecesse a Brinches a quantidade de água necessária ao funcionamento das barragens de Serpa, Laje e Enxoé, e o necessário para abastecer o bloco Serpa; e, além disso, é necessário também o abastecimento dos blocos Brinches e Brinches Enxoé, bem como da barragem de Brinches.

Ficaram deste modo definidos os ficheiros *Storage Demand*, inseridos como primeira aproximação na corrida do programa. Tendo sido observados os resultados verificou-se que havia uma grande falha de consumos, ao mesmo tempo que entre novembro e abril se assistia a grandes volumes de água descarregados. A partir deste instante a otimização do *Storage Demand* implicou uma análise mensal ao longo do período de simulação estabelecendo um compromisso entre a água necessária para satisfazer os elementos associados à albufeira de jusante e a água descarregada para jusante por falta de capacidade da albufeira.

Partindo do primeiro ficheiro de *Storage Demand* criado para cada albufeira, ao longo das simulações efetuadas foram feitas otimizações que permitiram uma diminuição considerável do fornecimento de água entre outubro e abril (que se refletem como desperdício) e um aumento das garantias de abastecimento aos blocos de rega pertencentes ao EFMA. A Figura 16 exemplifica um ficheiro *Storage Demand* onde é possível observar o intervalo de valores obtidos nas sucessivas otimizações.

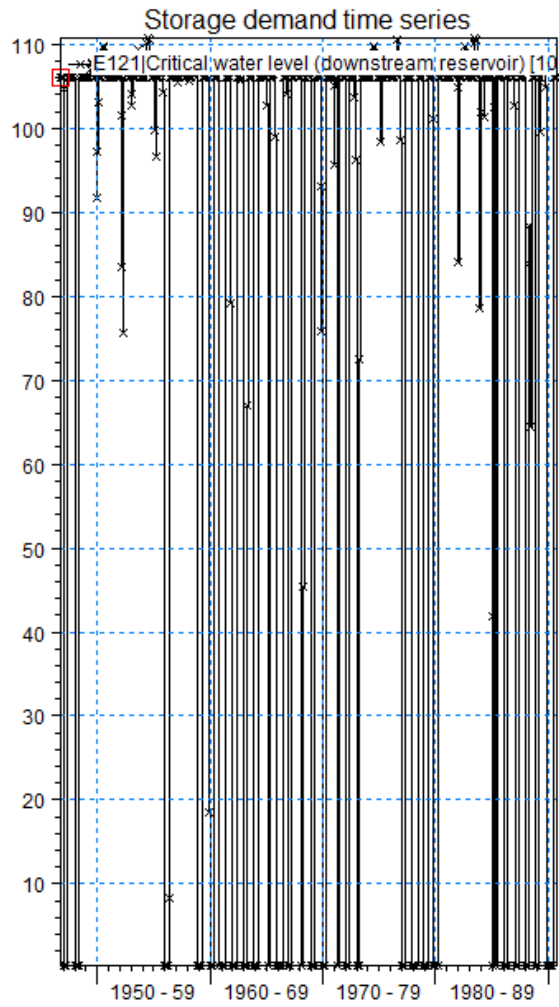


Figura 16 - Storage demand time series para a albufeira de Pedrógão (hm³)

4.3. Potencialidades e limitações do MIKE HYDRO BASIN

A construção dos dois modelos que simularam o estudo aqui desenvolvido passou por vários testes onde em cada um se foi aprimorando tanto o *software*, como a analogia com o caso prático do empreendimento de Alqueva. Por outro lado, tanto o MIKE HYDRO BASIN como o empreendimento são realidades que, cada um à sua maneira envolvem uma grande complexidade de aspetos que combinados entre si exigem muito rigor e persistência.

No entanto, a realidade de Alqueva é de tal maneira verdadeira e concreta que não aplicando um *software* de tamanha envergadura poderia correr-se o risco de deixar aspetos importantes do empreendimento para trás, razão pela qual se pretendeu que o Empreendimento de Fins Múltiplos fosse adaptado ao *software* sempre à luz daquilo que foi pensado pelas entidades responsáveis por Alqueva mencionadas no capítulo 2 do presente documento.

Neste capítulo serão apresentadas as dificuldades tidas na transposição do modelo apresentado na Figura 5. A principal limitação neste *software* prende-se com a não-aceitação de ciclos que se reflete num obstáculo à concretização da distribuição de água entre albufeiras tal como acontece na realidade. Serão exemplificados em seguida os ciclos que surgiram que impediam a corrida da simulação, bem como uma imagem global que contempla as alterações feitas e segundo o qual se construiu o modelo de simulação.

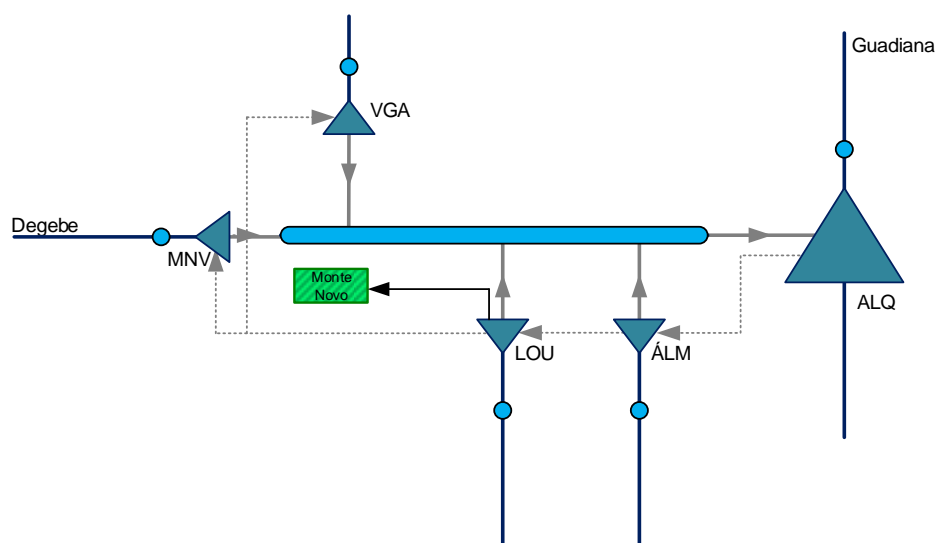


Figura 17 – Ciclo gerado no subsistema de Alqueva

Na Figura 17 o ciclo verifica-se no rio Degebe. Neste caso em concreto a partir da barragem de Alqueva (ALQ) é abastecida a barragem de Álamos (ÁLM) que abastece Loureiro (LOU), Monte Novo (MNV) e Vigia (VGA), ao mesmo tempo que os afluentes das albufeiras convergem no rio Degebe que devolve novamente os caudais descarregados a Alqueva. A solução neste ciclo passou por retirar as ligações de Loureiro à albufeira de Monte Novo e à albufeira da Vigia e interromper a ligação das ribeiras onde estão inseridas as barragens do Loureiro e Álamos ao rio Degebe.

Um outro obstáculo observado na construção do modelo é a não-aceitação de escoamentos bidirecionais como se observa na Figura 18. Este problema verificado na simulação decorre de uma criação de ciclos.

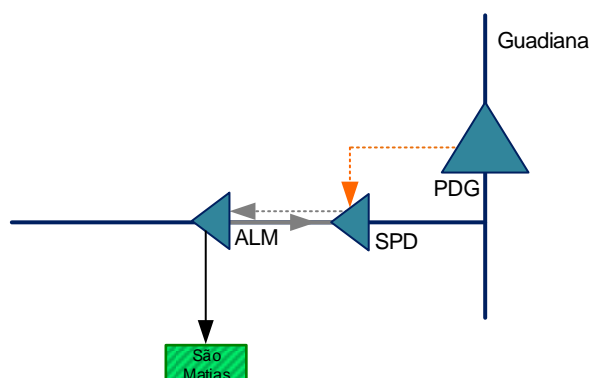


Figura 18 – Escoamento bidirecional no subsistema de Pedrógão

Este erro no modelo não permite o abastecimento da barragem de Almeidas (ALM) pela barragem de São Pedro (SPD) e, conseqüentemente, não era possível o abastecimento adequado do bloco de rega de São Matias. A solução passou por remover a ligação entre São Pedro e Almeidas e alocar o abastecimento do bloco de rega em causa à barragem de São Pedro.

Na Figura 19 está apresentado um ciclo que ocorre no subsistema do Ardila. Este ciclo é um conjunto de vários ciclos entre as 5 barragens que constituem este subsistema. Existem ciclos nas seguintes ligações entre albufeiras: Pedrógão (PDG) e Amoreira (AMR), Caliços (CLÇ) e Pias (PIAS) e entre Caliços e Furta Galinhas (FTG). Os dois primeiros ciclos desenvolvem-se na ribeira da Amoreira que, convergindo com o rio Guadiana, devolve os caudais à albufeira de Pedrógão, albufeira que abastece o subsistema da margem esquerda. Nestes dois detalhes a solução passou pela quebra de ligação na ribeira da Amoreira a montante da confluência com o rio Guadiana e a jusante da barragem de Pias.

O último ciclo gerado entre Caliços e Furta Galinhas implicou uma resolução mais cuidadosa. Como primeira hipótese foi interrompida a ligação do rio Ardila com o rio Guadiana de modo a que o ciclo não fosse criado. Esta solução, embora eficaz, não permitia a participação do escoamento gerado no rio Ardila, um dos principais afluentes do rio Guadiana.

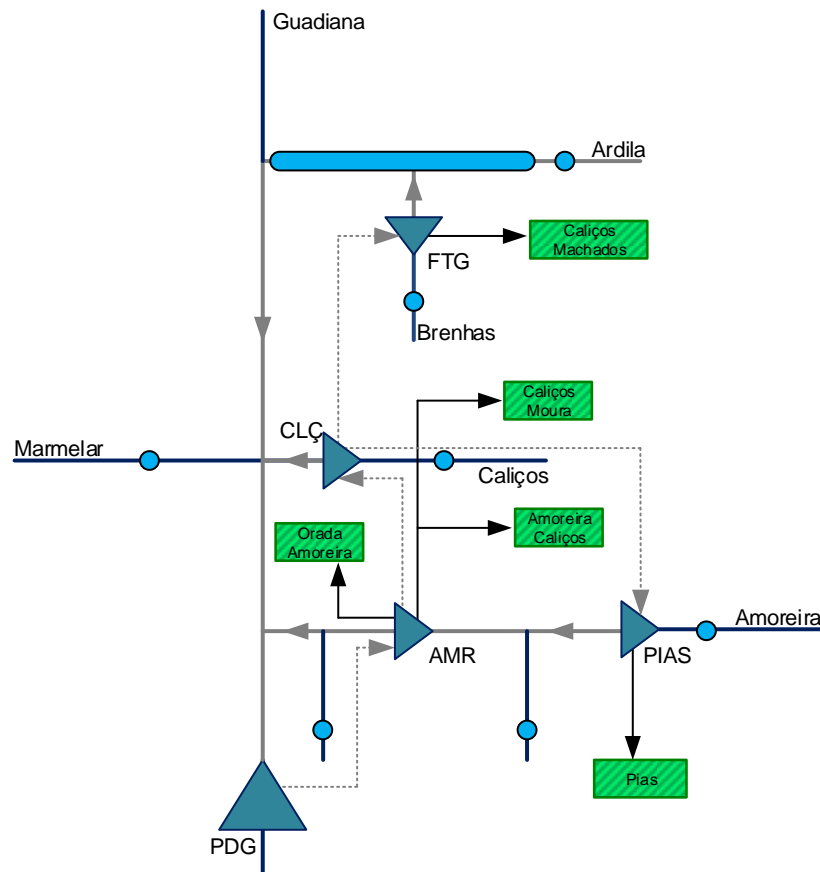


Figura 19 – Ciclo gerado no Subsistema do Ardila

Uma vez que o escoamento gerado no rio Ardila é de considerável importância a solução deste ciclo implicou a remoção da ligação entre as albufeiras de Calções e de Furta Galinhas e o abastecimento do bloco de rega Calções Machados passou a ser efetuado a partir da albufeira de Calções.

Na Figura 20 apresenta-se o esquema do EFMA que serviu de base para a aplicação do *software* MIKE HYDRO BASIN. A Figura 20 contempla as alterações mencionadas neste capítulo, necessárias ao bom funcionamento do programa. Refere-se ainda que o esquema apresentado é o relativo à situação de projeto abordada no capítulo 2, ainda que para a situação de expansão as alterações tenham sido análogas às descritas.

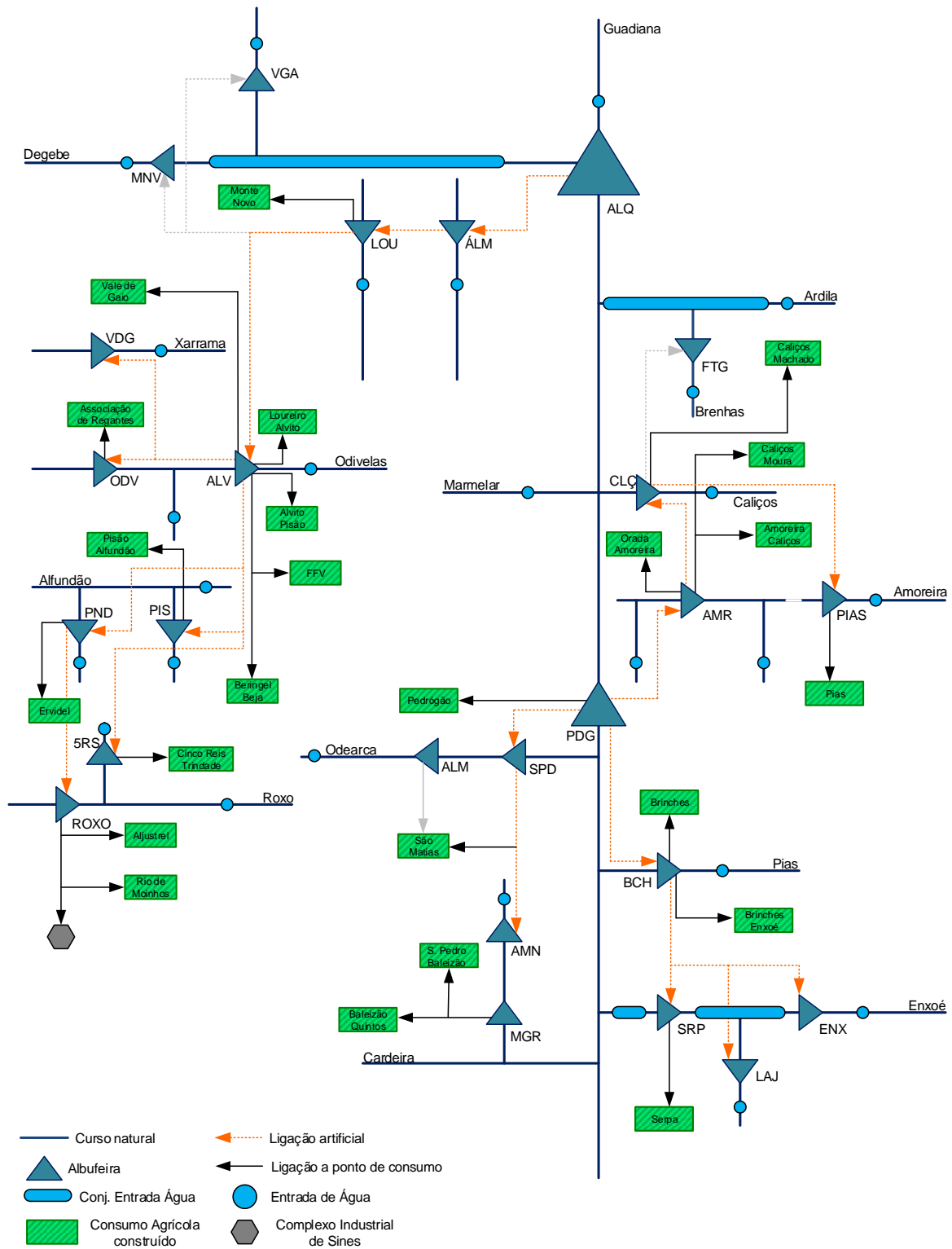


Figura 20 – Esquema do EFMA aplicado no MIKE HYDRO BASIN.

4.4. Avaliação do desempenho do sistema

No separador *Result* há uma variada gama de ficheiros possíveis de analisar cuja informação permite avaliar a vários níveis o modelo simulado. Todos os resultados extraídos da simulação são apresentados para cada passo de cálculo, neste caso, mensal.

Os resultados específicos dos *Water Users* vão desde o défice de procura de água, a água utilizada pelo ponto de consumo, a captação de águas subterrâneas, o equilíbrio do nó em cada instante de cálculo, e o balanço de massas.

Em relação às albufeiras o leque de resultados é maior. No que diz respeito às características das albufeiras é possível conhecer a cada instante, o nível da superfície da água, a área inundada e o volume armazenado; por outro lado, pode conhecer-se o volume total descarregado para jusante, resultado a que está associado as descargas por motivos ecológicos e a energia explorável. Podem conhecer-se também os ganhos e perdas numa albufeira por precipitação, evaporação e infiltração; juntamente com a água que aflui à albufeira e aquela que é escoada para pontos de consumo ou outras albufeiras, conhece-se o equilíbrio do nó.

Ao longo dos rios é também possível determinar o escoamento e as perdas por evaporação e infiltração em cada troço.

Foi com base nos resultados disponíveis em cada elemento que foi feita a avaliação do EFMA.

Os indicadores de desempenho permitem avaliar a resistência e a sustentabilidade do sistema. A partir dos resultados mencionados é possível estabelecer um conjunto de parâmetros que indicam a qualidade do sistema, a capacidade de cobrir as necessidades, entre outros.

4.4.1. Garantia Mensal

A garantia mensal consiste na percentagem dos meses em que as necessidades dos pontos de consumo são satisfeitas, ao longo do período simulado, e foi calculada de acordo com a expressão (1):

$$Garantia = \frac{n^{\circ} \text{ meses sem falha de abastecimento}}{n^{\circ} \text{ total de meses}} \times 100 \quad (1)$$

O número de meses sem falha de abastecimento são aqueles cujo défice foi nulo e o número total de meses é soma de todos os meses no período de simulação em que existe alguma necessidade hídrica.

4.4.2. Cobertura mensal

A cobertura mensal define-se como a percentagem de água distribuída pelas necessidades do ponto de consumo, conforme observado na expressão (2).

$$Cobertura = \frac{Volume\ fornecido}{Necessidade\ de\ água} \times 100 \quad (2)$$

4.4.3. Garantia e Cobertura de caudais ecológicos

À semelhança das expressões acima, é possível definir a garantia e a cobertura dos caudais ecológicos através das expressões (3) e (4):

$$Garantia = \frac{n^{\circ} \text{ meses sem falhas de abastecimento}}{n^{\circ} \text{ total de meses}} \times 100 \quad (3)$$

$$Cobertura = \frac{Volume\ fornecido}{Necessidade\ de\ água} \times 100 \quad (4)$$

4.4.4. Garantia Anual no ponto de consumo

A garantia anual é análoga à garantia mensal, reflete a capacidade do sistema garantir o abastecimento de cada *water user* anualmente. É dada pela expressão (5).

$$Garantia\ Anual = \frac{n^{\circ} \text{ anos sem falhas}}{n^{\circ} \text{ anos do período de simulação}} \times 100 \quad (5)$$

4.4.5. Duração média de cada falha

Assumindo o conceito de falha como sendo um conjunto consecutivo de meses em que não foi possível satisfazer integralmente as necessidades de água, a duração média das falhas pode ser calculada pelo número de meses com falhas a dividir pelo número de falhas. Este indicador está refletido pela expressão (6).

$$Duração\ média\ de\ cada\ falha = \frac{n^{\circ} \text{ de meses com falhas}}{n^{\circ} \text{ de falhas}} \text{ (mês)} \quad (6)$$

4.4.6. Volume médio em falta de cada falha

A expressão (7) representa o cálculo do volume médio em falta. É tido como o somatório do volume em falta sobre o número de falhas ocorrentes em cada perímetro de rega.

O mesmo resultado em valores absolutos consiste no quociente entre o indicador apresentado na expressão (7) e a soma das necessidades de água dos meses em que não foi possível satisfazer as necessidades (8).

$$\text{Volume médio em falta} = \frac{\sum \text{Volume em falta cada falha}}{n^{\circ} \text{ de falhas}} \text{ (m}^3\text{/falha)} \quad (7)$$

$$\text{Volume médio em falta} = \frac{\sum \text{Volume em falta cada falha}}{\sum \text{necessidades de água}} \text{ (\%)} \quad (8)$$

4.4.7. Resiliência

A resiliência mede a capacidade do sistema recuperar após uma falha. A duração média da falha pode ser considerada um indicador da resiliência

4.5. Resultados e avaliação do sistema

Um dos objetivos do documento que se apresenta é avaliar a capacidade de satisfação das necessidades dos terrenos agrícolas em redor da albufeira de Alqueva.

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos para cada perímetro de rega de acordo com os indicadores apresentados em 4.4. Para cada indicador serão apresentados os resultados calculados para as situações de projeto e expansão. Demonstra-se também os resultados obtidos relativos aos caudais ecológicos refletidos em 2.5, considerados igualmente como uma necessidade a satisfazer pelo EFMA.

Quadro 14 – Resultados obtidos para a situação de projeto

Indicador	Garantia anual	Garantia mensal	Cobertura média mensal	Duração média de cada falha	Volume médio em falta	
	(%)	(%)	(%)	(mês)	(dam ³ /falha)	(%)
Perímetro de Rega						
Monte Novo	84.09	89.55	93.81	3.29	2356.33	14.29
Loureiro Alvito	90.91	92.73	95.80	4.00	481.99	25.00
Vale de Gaio	90.91	92.73	96.05	4.00	1720.46	25.00
FFV	90.91	92.73	95.27	4.00	1213.51	25.00
Beringel Beja	90.91	92.73	95.27	4.00	1253.52	25.00
Alvito Pisão	90.91	92.27	99.49	4.25	2895.45	25.00
Assoc. de Regantes	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Pisão Alfundão	100.00	100.00	76.80	0.00	0.00	0.00
Ervidel	88.64	93.18	95.73	3.00	2721.56	20.00
Cinco Reis Trindade	13.64	40.91	45.31	3.42	1990.17	2.63
Rio de Moinhos	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Aljustrel	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Sines	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
S. Pedro Baleizão	93.18	96.36	99.64	2.67	1013.98	33.33
Baleizão Quintos	93.18	97.27	101.72	2.00	714.26	33.33
São Matias	93.18	94.09	97.25	4.33	2527.10	33.33
Serpa	97.73	99.55	100.00	1.00	64.38	100.00
Brinches Enxoé	93.18	95.45	98.69	3.33	1313.92	33.33
Brinches	93.18	95.91	98.90	3.00	1350.99	33.33
Pedrógão	93.18	95.91	99.07	3.00	808.10	33.33
Orada Amoreira	93.18	94.09	97.10	4.33	911.64	33.33
Amoreira Caliços	93.18	94.09	97.10	4.33	735.23	33.33
Pias	68.18	90.45	97.52	1.50	323.48	7.14
Caliços Moura	93.18	94.09	97.10	4.33	527.14	33.33
Caliços Machados	40.91	68.64	63.75	2.65	1178.52	3.85

Quadro 15 – Resultados obtidos para a situação de expansão

Indicador	Garantia anual	Garantia mensal	Cobertura média mensal	Volume médio em falta		Duração média de cada falha
	(%)	(%)	(%)	(dam ³ /falha)	(%)	(mês)
Perímetro de Rega						
Monte Novo	84.09	89.09	93.57	2416.48	14.29	3.43
Loureiro Alvito	90.91	92.27	95.67	489.98	25.00	4.25
Vale de Gaio	90.91	92.27	95.76	1788.61	25.00	4.25
FFV	90.91	92.27	95.26	1214.74	25.00	4.25
Beringel Beja	90.91	92.27	95.26	1254.80	25.00	4.25
Alvito Pisão	90.91	92.27	95.54	2952.01	25.00	4.25
Assoc. de Regantes	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Pisão Alfundão	100.00	100.00	103.33	0.00	0.00	0.00
Ervidel	88.64	92.73	95.22	2906.52	20.00	3.20
Cinco Reis Trindade	13.64	40.91	45.24	1992.31	2.63	3.42
Rio de Moinhos	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Aljustrel	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Sines	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
S. Pedro Baleizão	93.18	96.36	98.96	1200.66	33.33	2.67
Baleizão Quintos	93.18	96.36	100.93	1060.51	33.33	2.67
São Matias	93.18	94.09	97.25	2527.10	33.33	4.33
Serpa	97.73	99.55	100.00	64.38	100.00	1.00
Brinches Enxoé	93.18	95.45	98.69	1313.92	33.33	3.33
Brinches	93.18	95.91	98.90	1350.99	33.33	3.00
Pedrogão	93.18	95.91	99.07	808.10	33.33	3.00
Orada Amoreira	93.18	94.09	97.10	911.64	33.33	4.33
Amoreira Caliços	93.18	94.09	97.10	735.23	33.33	4.33
Pias	68.18	90.45	97.52	323.48	7.14	1.50
Caliços Moura	93.18	94.09	97.10	527.14	33.33	4.33
Caliços Machados	40.91	68.64	63.75	1178.52	3.85	2.65
Monsaraz	81.82	87.73	90.71	637.80	12.50	3.38
Lucefécit	81.82	87.73	91.25	550.02	12.50	3.38
Póvoa Amareleja	81.82	87.73	90.87	2411.24	12.50	3.38
Reguengos	84.09	89.09	93.01	3244.60	14.29	3.43
Évora	84.09	88.64	93.23	949.96	14.29	3.57
Baronia	90.91	92.27	95.76	363.26	25.00	4.25
Viana	90.91	92.27	95.76	1634.68	25.00	4.25
Vidigueira	90.91	92.27	95.51	416.76	25.00	4.25
Cuba Odivelas	90.91	92.27	95.54	956.79	25.00	4.25
Marmelar	93.18	95.91	98.24	248.00	33.33	3.00
Cabeça Gorda	93.18	96.36	99.55	844.57	33.33	2.67
Vila Nova de São Bento	97.73	99.09	102.61	409.02	100.00	2.00

Quadro 16 – Resultados obtidos para caudais ecológicos

Situação	Indicador	ÁLM	LOU	MNV	ALV	PIS	R XO
Projeto	Garantia (%)	100	100	100	100	100	100
	Cobertura (%)	100	100	100	100	100	100
Expansão	Garantia (%)	100	100	100	100	100	100
	Cobertura (%)	100	100	100	100	100	100

Em termos médios, o Quadro 17 apresenta a duração média das falhas no EFMA.

Quadro 17 – Duração média das falhas no EFMA

Situação	Duração média das falhas (meses)
Projeto	2.64
Expansão	2.98

5. Conclusões

O derradeiro capítulo do presente documento pretende uma descrição dos resultados obtidos nas simulações efetuadas ao Empreendimento Fins Múltiplos de Alqueva. Serão apresentadas críticas ao modelo aplicado, decorrentes do estudo efetuado. Serão abordados também as características gerais dos dois cenários simulados e o volume armazenado na albufeira de Alqueva ao longo do período de simulação.

Esta tese utilizou o programa MIKE HYDRO BASIN para analisar dois cenários de exploração do Empreendimento Fins Múltiplos de Alqueva. O primeiro cenário corresponde ao projeto inicial do EFMA que previa 120 mil ha, de área de rega; o segundo cenário assume uma expansão do primeiro com um aumento de 40 mil ha de área regável. O período de simulação testado é de 44 anos, de 1946/ a 1989/90.

O que distingue os cenários avaliados, e de acordo com as Figuras 5 e 6 é apenas o número de *water users*. Do primeiro para o segundo cenário foram acrescentados 12 pontos de abastecimento com as características apresentadas no Quadro 13. É importante frisar que para a simulação do projeto inicial foram consideradas ativas todas as infraestruturas e perímetros de rega previstas no projeto inicial ainda que, ao dia de hoje, estejam algumas ainda em construção, como apresentado no Quadro 4.

Quadro 18 - Características gerais dos cenários

Características	Projeto	Expansão
Volume total de armazenamento (hm ³)	4790	4790
Volume útil de armazenamento (hm ³)	3664	3664
Área de rega do subsistema Alqueva (ha)	57928	83428
Área de rega do subsistema Ardila (ha)	30979	43879
Área de rega do subsistema Pedrógão (ha)	24154	29814
Área total de rega do EFMA (ha)	113421	157121
Necessidade agrícola do subsistema de Alqueva (hm ³)	46.25	58.90
Necessidade agrícola do subsistema de Ardila (hm ³)	12.07	17.03
Necessidade agrícola do subsistema de Pedrógão (hm ³)	9.30	11.22
Necessidades agrícolas do EFMA (hm ³)	67.62	87.14
Necessidade urbana do sistema (hm ³)	20	20

No Quadro 18 apresenta-se o volume de armazenamento do conjunto das albufeiras, áreas de rega e necessidades de água em operação em cada situação simulada, valores médios.

A evaporação considerada foi a representada no Quadro 3. Consideraram-se descargas por razões ecológicas nas albufeiras referidas no Quadro 12: Álamos, Loureiro, Monte Novo, Alvito, Pisão, Roxo e Odivelas.

Interessa também fazer uma análise da albufeira de Alqueva para que a observação dos resultados anteriormente apresentados esteja contextualizada na totalidade.

A Figura 21 apresenta o nível médio da superfície da água na albufeira de Alqueva, comparando as duas situações analisadas. Este gráfico permite comparar a capacidade de abastecimento de Alqueva tendo em conta a regra de operação estabelecida que impede a transferência de água quando o nível na albufeira atinge o NmE. No caso de Alqueva este nível está à cota de 130m.

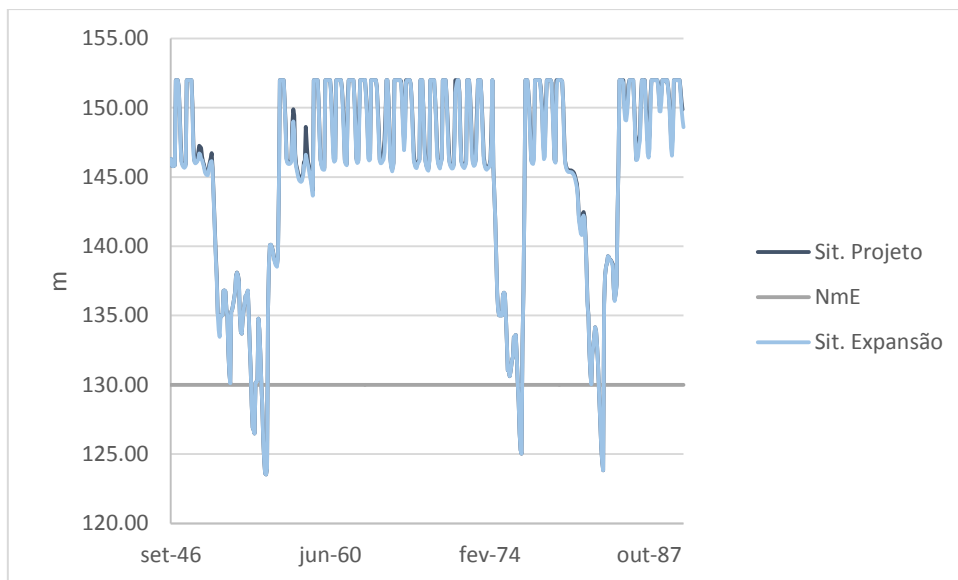


Figura 21 – Nível da superfície de água na albufeira de Alqueva, situações projeto e expansão

Por outro lado na Figura 22 compara-se a variação do volume armazenado em Alqueva durante o período de simulação. Estes valores permitem uma constatação mais imediata dos períodos de seca existentes nos anos de seca ainda que as regras de operação tenham sido estabelecidas em função do nível de água e não em função do volume armazenado. É também possível observar a importância dos valores mínimos atingidos face ao volume útil da albufeira de 3150 hm³.

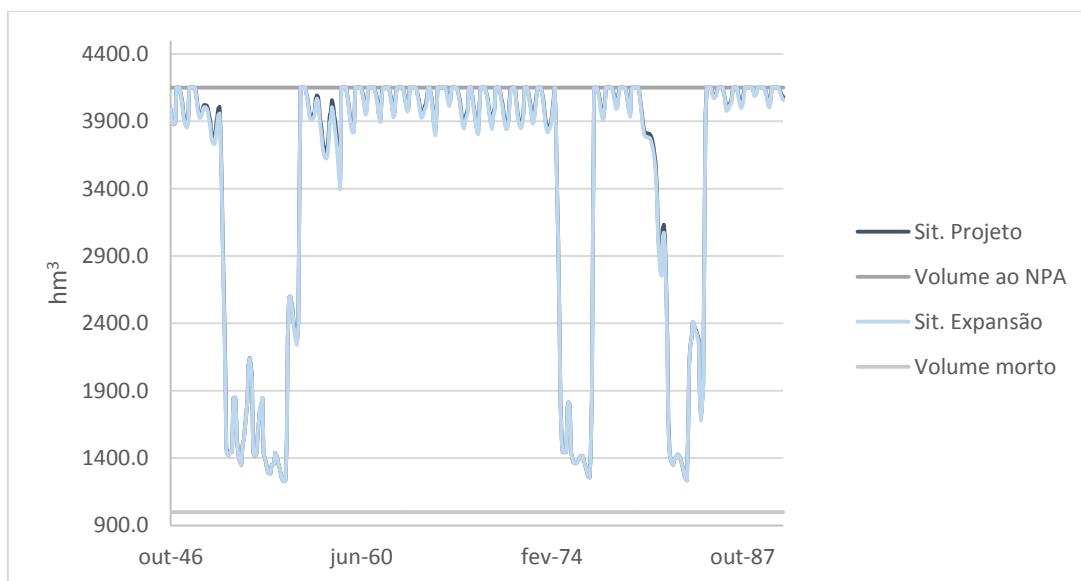


Figura 22 – Volume armazenado na albufeira de Alqueva, situações projeto e expansão

O Quadro 19 apresenta um resumo do balanço geral do sistema para as situações de projeto e expansão, respetivamente. Em valores médios estão contempladas as afluências ao sistema tendo em conta as séries de escoamento apresentadas e também as saídas de água por evaporação, para abastecimento e por retornos ao escoamento natural da bacia hidrográfica.

Quadro 19 – Controlo do sistema (hm³/ano)

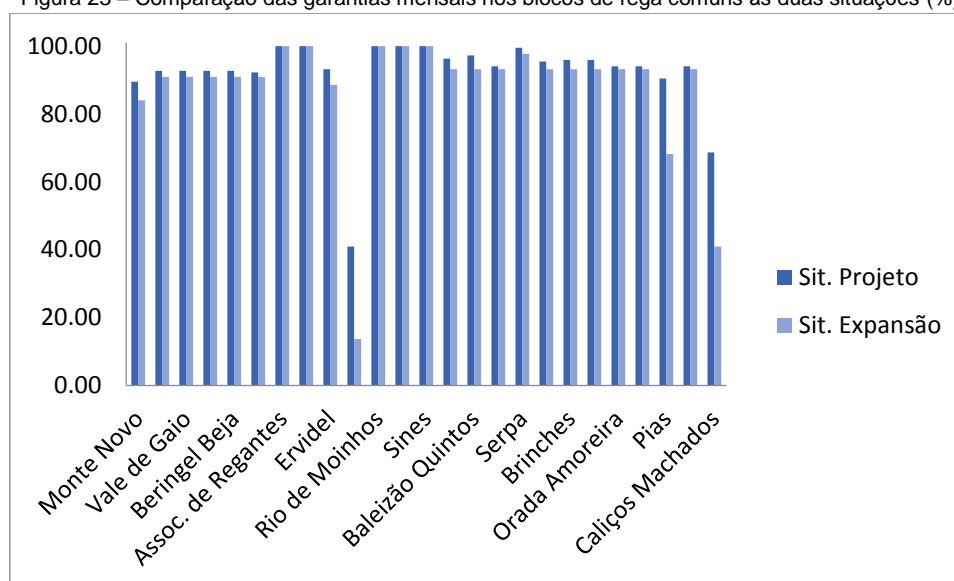
Situação	Entrada de água	Saída de água			Total
		Jusante	Consumo	Evaporação	
-	Afluências				-
Projeto	3089.61	2591.47	63.57	434.57	0.00
Expansão	3089.61	2584.01	81.55	424.05	0.00

As entradas de água no sistema são constituídas apenas pelo escoamento gerado nas bacias hidrográficas que pertencem ao EFMA. As saídas de água, e tal como apresentado no Quadro 18 são compostas pelo volume de água devolvido ao escoamento por descargas das albufeiras, por água transferida aos blocos de rega e por perdas por evaporação. Analisando as parcelas que refletem a água que é devolvida ao regime natural constatou-se nas duas situações estudadas que o escoamento no rio Guadiana é cerca de 75% do escoamento total lançado para jusante. Daqui conclui-se também que 25% das efluências do empreendimento são devolvidas à bacia hidrográfica do rio Sado.

Os cálculos envolvidos no Quadro 19 permitem validar os modelos apresentados, já que a diferença entre as entradas e saídas do sistema são de reduzida ordem de grandeza.

A Figura 23 apresenta o comportamento das garantias mensais nos blocos de rega comuns às duas situações estudadas. Como seria de esperar as garantias na situação de expansão são inferiores às verificadas para a situação de projeto já que nesta última os encargos de abastecimento são inferiores, permitindo ao sistema uma melhor distribuição na alocação da água.

Figura 23 – Comparação das garantias mensais nos blocos de rega comuns às duas situações (%)



O contrato de cedência de concessão de regadio entre o estado português à EDIA, SA tem prevista a utilização de 600 hm³ de água por ano por parte desta entidade, servindo este volume para fins agrícolas e também exploração hidroelétrica. A análise das necessidades hídricas apresentadas nos Quadros 7, 11 e 13 indica, considerando os planos de projeto e expansão totalmente implementados, que o volume de água em uso é cerca de 530 hm³/ano. Este facto é favorável aos resultados apresentados que indicam a capacidade do abastecimento dos blocos de rega associados ao Empreendimento Fins Múltiplos de Alqueva.

Referências bibliográficas

AQUALOGUS, ACTION MODULER & EDIA, 2013. *Modelo de simulação e otimização do subsistema de Alqueva – Caracterização base*, outubro 2013, EDIA; SA.

Alves, M.H. & Bernardo, J.M. (eds.), 2003. *Caudais ecológicos em Portugal*. INAG. Lisboa.

Brandão, C., Rodrigues, R., 2000. Hydrological simulation of the international catchment of Guadiana River, *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25 (3):329-339.

CNPGB - Características das barragens de Portugal. (obtido no site http://cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/, consultado em agosto de 2014)

Deltares (2014). RIBASIM- River Basin Planning and Management. (obtido no site <http://www.deltares.nl/en/software/101928/ribasim>, consultado em fevereiro de 2014)

DHI (2011). Mike BASIN- Integrated River Basin Planning. (obtido no site <http://mikebydhi.com/Products/WaterResources/MIKEBASIN.aspx>, consultado em fevereiro de 2014)

MIKE HYDRO BASIN, *Introduction to river basin modelling – handouts*, DHI, 2014

EDIA (2013). Características de temperaturas e precipitações médias anuais. (obtido no site <http://www.alqueva.com.pt/pt/oportunidades/potencial-productivo/6>, consultado em junho de 2014)

EDIA (2013). Características de albufeiras e perímetros de rega na região do Alqueva. (obtido no site http://sigims.edia.pt/alqueva_storymap/, consultado em março de 2014)

EDIA (2004). *Estudo de impacte ambiental da barragem do Pisão*, EDIA 2004.

EDIA (2006). *Estudo de impacte ambiental dos blocos de rega Alvito-Pisão*. EDIA, 2006.

EDIA (2002). *Barragem dos Álamos e ligações associadas*, EDIA 2002.

EDIA (2011). *Projeto de execução e estudo de impacte ambiental dos blocos de rega de Beringel-Beja*.

EDIA & COBA (2010). *Blocos de rega de Ervidel*. EDIA, 2010.

EDP (1988). *Escalão de Alqueva. Projecto. Estudo das disponibilidades hídricas. Electricidade de Portugal*.

Ferreira, F. (2014) *Aplicação do WEAP na simulação da gestão integrada do Empreendimentos de Fins Múltiplos de Alqueva*, maio de 2014.

Glantz, M., 2000. Improving the quality of requirements with scenarios.

Hipólito, J., Vaz, A. 2011. *Hidrologia e Recursos Hídricos*, IST Press, Lisboa, novembro de 2011

INAG & COBA (1985). *Recursos hídricos do rio Guadiana e sua utilização*. Instituto da Água & COBA consultores. Lisboa.

IWA Water Wiki (2011). Water Rights Analysis Package (WRAP) (obtido no site <http://www.iwaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/WaterRightsAnalysisPackageWRAP> consultado em fevereiro de 2014)

Loucks, D. P., van Beek, E., Stedinger, J. R., Dijkman, J. P. M., & Villars, M. T. (2005). *Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications*. Paris: UNESCO.

Oliveira, R., 1994. *Simulação do empreendimento de fins múltiplos de Alqueva*. Lisboa.

Sechi, Giovanni M., Sulis, Andrea *Intercomparison of Generic Simulation Models for Water Resource Systems*

Simões, J., & Oliveira, R. (2010). *Modelos de gestão de bacias hidrográficas: o desempenho dos modelos IRAS-2010 e AQUATOOI na simulação do aproveitamento hidroagrícola do Vale do Sorraia*.

Universitat Politècnica de València (2010). Proyecto Aquatool. (obtido no site <http://www.upv.es/aquatool/>, consultado em setembro de 2014)

WEAP (2014). Características do modelo WEAP - Water Evaluation And Planning. (obtido no site <http://www.weap21.org/index.asp?action=202>, consultado em setembro de 2014)

