

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Samuel Fernandes Leal

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica ramo de Engenharia Rural

ORIENTADORES: Doutor João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes

Doutor José Luís Monteiro Teixeira

Júri:

Presidente: Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Cláudia Cristina Leal Brandão Pereira Pinheiro, Chefe de Divisão de Infraestruturas Hidráulicas da Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.

“A satisfação reside no esforço, não no resultado obtido. O esforço total é a
plena vitória”

Mahatma Gandhi

À minha família

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pela oportunidade que me concedeu de poder terminar este trabalho. Expresso a minha gratidão a todos aqueles que de uma forma ou de outra me apoiaram na elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador professor João Rolim, por ter aceitado orientar-me, pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste trabalho, pelas sugestões e correções sugeridas, e pelo apoio demonstrado ao longo desta caminhada.

Ao meu orientador professor José Luís Teixeira, por ter aceitado orientar-me, pelos conhecimentos transmitidos ao longo deste trabalho, pelas sugestões e correções sugeridas, e pelo apoio demonstrado ao longo desta caminhada.

Aos meus amigos e colegas da faculdade pela amizade, compreensão e apoio demonstrado ao longo de todos esses anos de convívio. E um muito obrigado aos meus colegas Edson, Erik, Filipe e Sara pelas ajudas oferecidas durante a realização deste trabalho.

Também quero deixar aqui um muito obrigado a minha família em especial aos meus pais Teodoro Leal e Maria Madalena Fernandes e os meus irmãos Amândio, Miguel e Simónica, pelo amor carinho e apoio incondicional demonstrado desde que comecei esta jornada. Sem vocês não teria conseguido chegar até aqui.

Quero deixar um muito obrigado a minha tia Maria de Lurdes pelo carinho amizade e pelo alojamento durante estes anos, a minha prima Evanusa pela amizade carinho e compreensão, aos meus primos Elísio, Fernando, Fábio, Andrio, Tarciso pela amizade demonstrado desde que cheguei aqui para começar esta jornada. E a todos os outros tios e primos pelo apoio e compreensão ao longo desses anos. Sem vocês não teria conseguido realizar este sonho.

Um muito obrigado do fundo do meu coração.

RESUMO

A agricultura está muito dependente das condições meteorológicas, por isso será muito afetada pelas alterações climáticas. Acresce o facto de Portugal se situar numa das regiões mais vulneráveis às alterações climáticas, o que torna necessário o desenvolvimento de medidas de adaptação.

Este trabalho tem como principal objetivo definir medidas de adaptação às alterações climáticas e avaliar os respetivos impactos nas necessidades de rega de algumas das principais culturas nas regiões de Évora (Alto Alentejo) e Lisboa (Região Metropolitana de Lisboa).

A primeira medida de adaptação consiste em antecipar as datas das sementeiras das culturas, e a segunda medida passa por melhorar as tecnologias de rega, aumentando-se as eficiências de rega. Selecionaram-se as culturas do milho e da vinha para a região de Évora e as culturas do tomate e da alface na região de Lisboa, assumindo-se um cenário de manutenção do padrão cultural.

Consideram-se os dados climáticos históricos observados nas estações meteorológicas de Évora e Lisboa. Através do portal do clima obtiveram-se as séries relativas aos cenários de alterações climáticas (anomalias) para os diferentes cenários disponíveis.

Conhecidos os valores da evapotranspiração de referência para o período de referência (1971–2000) e as anomalias (2071–2100) para os cenários futuros de alterações climáticas (RCP 4.5 e 8.5), para as regiões de Évora e Lisboa, estimaram-se as necessidades de rega das culturas, através da simulação do balanço hídrico do solo, usando o modelo ISAREG.

Os resultados deste estudo indicam, para os cenários futuros, um aumento da temperatura do ar e uma diminuição da precipitação para as duas regiões. As necessidades globais de rega aumentam consideravelmente no futuro para as duas regiões, se não forem tomadas medidas de adaptação. As medidas de adaptação avaliadas, especialmente se forem usadas em conjunto, permitem reduzir consideravelmente as necessidades de rega para os cenários futuros de alterações climáticas.

Palavras-chave: Alterações climáticas, Cenários climáticos, Medidas de adaptação, Necessidades de rega, Programa ISAREG

ABSTRACT

Agriculture is very dependent on weather conditions, so it will be greatly affected by climate change. In addition, Portugal is located in one of the regions most vulnerable to climate change, which makes it necessary to develop adaptation measures.

The main objective of this work is to define climate change adaptation measures and to evaluate their impacts on the crop irrigation requirements of some of the main crops in Évora (Alto Alentejo) and Lisbon (Metropolitan Region of Lisbon) regions.

The first adaptation measure consists in anticipating the sowing dates of the different crops, and the second measure is to improve the irrigation technologies increasing the irrigation efficiencies. The selected the crops were maize and vineyards for Évora and tomato and lettuce in Lisbon, assuming the scenario of maintaining the current crop pattern.

The historical climate data observed in the Évora and Lisbon weather stations were considered. The climate portal provides the series relative to the climate change scenarios (anomalies) for the different scenarios available.

Once the reference evapotranspiration values for the reference period (1971-2000) and the anomalies (2071-2100) for the future climate change scenarios (RCP 4.5 and 8.5) were known, for Évora and Lisbon regions, the crop irrigation requirements were estimated through the soil water balance simulation using the ISAREG model.

The results of this study, for the future climate change scenarios, indicate an increase in air temperature and a decrease in precipitation for both regions. Global irrigation requirements will increase considerably in the future for both regions if no adaptation measures are taken. The adaptation measures evaluated, especially if used together, will considerably reduce the crop irrigation requirements for the future climate change scenarios.

Keywords Climate Change, Climate Scenarios, Adaptation Measures, Crop irrigation requirements, ISAREG Program

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE QUADROS.....	xiii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento do problema	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Estrutura da dissertação.....	5
2. CLIMA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	7
2.1. Conceitos básicos.....	7
2.2. Causas das alterações climáticas.....	8
2.3. Evolução recente do clima.....	10
2.4. Cenários de alterações climáticas	11
2.5. Modelos climáticos	13
2.5.1. Modelos climáticos globais	13
2.5.2. Modelos climáticos regionais	15
2.5.3. Portais para obtenção dos dados	15
2.6. Impactos das alterações climáticas na agricultura	17
2.7. Metodologias para avaliação dos impactos na agricultura	18
3. NECESSIDADES DE REGA DAS CULTURAS.....	23
3.1. Evapotranspiração.....	23
3.1.1. Evapotranspiração de referência	23
3.1.2. Coeficiente cultural	24
3.1.3. Fatores que determinam o coeficiente cultural.....	24
3.1.4. Determinação do coeficiente cultural (Kc).....	25
3.1.5. Evapotranspiração cultural	25
3.2. Balanço hídrico do solo	26
3.3. Modelo ISAREG	28
3.4. Eficiência de aplicação do sistema de rega	29
3.4.1. Rega por aspersão	31
3.4.2. Rega localizada	32
3.4.3. Rega por gravidade	32
4. METODOLOGIA	33
4.1. Caracterização da região em estudo	33
4.1.1. Classificação climática.....	33
4.1.2. Solos dominantes	35
4.1.3. Culturas	36
4.2. Cenários de alterações climáticas	36
4.2.1. Dados das estações meteorológicas	36
4.2.2. Dados dos modelos climáticos RCM	37
4.2.3. Anomalias climáticas	38
4.2.4. Séries climáticas observadas e perturbadas.....	39
4.3. Medidas de adaptação propostas	40
4.3.1. Medida de adaptação 1: Alteração da data da sementeira	41
4.3.2. Medida de adaptação 2: Aumento da eficiência de rega ao nível da parcela	41

4.4.	Modelação do balanço hídrico do solo	42
4.4.1.	Ficheiros de entrada e saída do modelo ISAREG	42
	Dados de entrada ("input")	43
	Dados de saída " <i>output</i> "	43
4.4.2.	Dados culturais	43
4.4.3.	Esquema de rega	44
4.5.	Metodologia utilizada	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1.	Cenários climáticos	47
5.1.1.	Precipitação	47
5.1.2.	Temperatura do ar	50
5.1.3.	Evapotranspiração de referência	53
5.1.4.	Comparação das médias anuais de evapotranspiração de referência e precipitação para os diferentes cenários de alterações climáticas para Évora e Lisboa. 54	
5.2.	Modelação das necessidades de rega	55
5.3.	Avaliação das medidas de adaptação	57
5.3.1.	Alteração das datas da sementeira – Medida 1	57
5.3.2.	Aumento na eficiência de rega – Medida 2	61
6.	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
	ANEXOS	75
	Anexo I	75
	Anexo II	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Concentrações de GEE (IPCC, 2014).....	8
Figura 2-2 Evolução das emissões antropogénicas globais de CO ₂ ao longo do tempo (IPCC,2014).....	9
Figura 2-3 Evolução da temperatura média anual global e observada em Lisboa (Miranda et.al., 2018).....	10
Figura 2-4 Evolução da temperatura global da superfície para diferentes cenários climáticos (Collins <i>et al.</i> , 2013).....	12
Figura 2-5 Etapas necessárias para avaliação dos impactos de AC (Adaptado de IS-ENES, 2019).....	21
Figura 3-1 Variação do Kc para diferentes culturas em diferentes fases de desenvolvimento, influenciado pelo clima (Adaptado de Allen <i>et al.</i> , 1998).....	25
Figura 3-2: Balanço hídrico na zona radicular (Pereira, 2004).....	26
Figura 3-3. Delimitação das zonas de rendimento máximo e de carência hídrica (Teixeira, 1991).....	27
Figura 3-4 Esquema do programa ISAREG (Teixeira, 1991).....	29
Figura 3-5 Principais métodos de rega utilizados em Portugal, RGA99 (IHERA, 2001). ..	31
Figura 4-1 Precipitação na região de Évora de 1971-2000 (IPMA, 2019).....	33
Figura 4-2 Temperatura média, mínima e máxima do ar na região de Évora de 1971-2000 (IPMA, 2019).....	34
Figura 4-3 Precipitação na região de Lisboa de 1971-2000 (IPMA 2019).....	34
Figura 4-4 Temperatura média, mínima e máxima do ar na região de Lisboa de 1971-2000 (IPMA, 2019).....	35
Figura 4-5 Portal do clima (Fonte: http://portaldoclima.pt/pt/#).....	37
Figura 4-6 Metodologia utilizada para a definição de medidas de adaptação às alterações climáticas, relativas à gestão da rega, e respetiva avaliação.....	46
Figura 5-1 Anomalia da precipitação para os cenários RCP 4.5 e 8.5 (2071-2100) relativamente ao período de referência 1971-2000 para as regiões de a) Évora e b) Lisboa.	47
Figura 5-2 Precipitação média mensal comparando o período de referência com os cenários futuros de AC para as regiões de (a) Évora e (b) Lisboa.	49
Figura 5-3 Anomalia da temperatura do ar para as duas regiões segundo os cenários RCP 4.5 e 8.5 (2071-2100).	50
Figura 5-4 Temperatura mínima (a) e máxima (b) do ar para a região de Lisboa comparando os valores observados com os cenários futuros projetados (cenários RCP4.5 e 8.5).	51
Figura 5-5 Temperatura mínima (a) e máxima (b) do ar para a região de Évora comparando os valores observados com os cenários futuros projetados (cenários RCP 4.5 e 8.5).	52

Figura 5-6 Média mensal da evapotranspiração de referência para o período de referência e os cenários futuros (RCP 4.5 e 8.5) para região de a) Évora e b) de Lisboa.....	53
Figura 5-7 Evolução das necessidades efetivas de rega comparando as datas atuais (RCP 4.5 e 8.5) com as datas antecipadas (RCP 4.5 ant e 8.5 ant), para a região de Lisboa para as culturas de a) tomate e b) alface.....	60
Figura 5-8 Evolução das necessidades efetivas de rega comparando as datas atuais (RCP 4.5 e 8.5) com as datas antecipadas (RCP 4.5 ant e 8.5 ant), para a região de Évora para as culturas de a) milho e b) vinha.	61

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2-1 Projeções da variação da temperatura média global da superfície para final do século XXI, para os 4 cenários de alterações climáticas (Adaptado de IPCC, 2014).....	13
Quadro 3-1 Valores indicativos da eficiência de aplicação para diferentes sistemas de rega (adaptado de Pereira, 2004)	30
Quadro 4-1 Principais características dos solos barros castanho-avermelhado não calcários(cb) e mediterrâneos pardos de quartzodioritos (Pmg), respetivamente de Lisboa e Évora (Adaptado de Cardoso, 1965).	35
Quadro 4-2 Datas de sementeira/plantação para as culturas selecionadas para regiões de Évora e Lisboa para o período de referência.....	36
Quadro 4-3 Datas de sementeiras/plantação antecipadas em um mês para as culturas selecionadas para as regiões de Évora e Lisboa.	41
Quadro 4-4 Eficiência de rega considerados para os diferentes sistemas de rega utilizada na segunda medida de adaptação.	42
Quadro 4-5 Parâmetros culturais do milho, vinha, tomate e alface utilizada para o cálculo do balanço hídrico do solo.	44
Quadro 4-6 Esquemas de rega utilizados na simulação do balanço hídrico do solo no programa ISAREG.	45
Quadro 5-1 Médias anuais da evapotranspiração de referência e da precipitação para Évora e Lisboa comparando o período de referência (observados), com os cenários futuros (RCP 4.5 e 8.5).	54
Quadro 5-2 Necessidades de rega anuais das culturas para o período de referência (1971–2000) e para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), sem realizar medidas de adaptação.....	56
Quadro 5-3 Necessidades de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), ao antecipar as datas de sementeiras em um mês (Medida 1).	58
Quadro 5-4 Necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), tendo em conta as diferentes eficiências de rega para Lisboa mantendo inalteradas as datas de sementeira/plantação (Medida 2).	62
Quadro 5-5 Necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), tendo em conta as diferentes eficiências de rega para Évora mantendo inalteradas as datas de sementeira/plantação (Medida 2).	63
Quadro 5-6 Necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), com as diferentes eficiências de rega na região de Lisboa considerando a antecipação das datas de sementeira/plantação em um mês (Medida 1 + 2).....	64
Quadro 5-7 Necessidades de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), com as diferentes eficiências de rega para a	

região de Évora considerando a antecipação das datas de sementeira/plantação em um mês. (Medida 1 + 2). 65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	Alterações Climáticas	
Ac	Ascensão capilar	mm dia ⁻¹
AOGCM	Modelos de circulação geral acoplados atmosfera-oceano	
ADAPT	Adaptação à mudança climática em Portugal	
Alt. Max	Altura máxima da cultura	m
CO ₂	Dióxido de carbono	
CH ₄	Metano	
cb	Barros castanho-avermelhado não calcários	
CC	Capacidade de campo	g/g
CE	Coeficiente de emurchecimento	g/g
ET _o	Evapotranspiração de referência	mm dia ⁻¹
ET _c	Evapotranspiração cultural	mm dia ⁻¹
Es	Escoamento superficial	mm dia ⁻¹
ET _m	Evapotranspiração máxima	mm
ef	Eficiência global de rega	%
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura	
GCM	Modelo climático global	
GtCO ₂	Giga tonelada de dióxido de carbono	
GEE	Gases de efeito de estufa	
GIWR	Necessidades globais de rega	
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	
IDL	Instituto Dom Luís	
IS-ENES	Infrastructure for the European Network for Earth System Modelling	
IWR	Necessidades efetivas de rega	
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera	
Ke	Coeficiente de evaporação do solo	
K _{cb}	Coeficiente cultural basal	
K _c	Coeficiente cultural	
K _{Cini}	Coeficiente cultural inicial	
K _{Cmid}	Coeficiente cultural médio	
K _{Cend}	Coeficiente cultural final	
LRFU	Limite de reserva facilmente utilizável	mm
L _{dev}	Período de crescimento rápido	dias
L _{mid}	Período de crescimento intermédio	dias
L _{late}	Período de crescimento final	dias

Min	Mínimo	
Med	Média	
Max	Máximo	
N ₂ O	Oxido Nitroso	
NASA	National Aeronautics and Space Administration	
P	Precipitação	mm
Pe	Precipitação efetiva	mm dia ⁻¹
Pmg	Solos mediterrâneos pardos de quartzodioritos	
Prof	Profundidade da camada	cm
<i>P_{cenario}</i>	Precipitação mensal corrigida relativa aos cenários de AC	mm
<i>P_{obs}</i>	Precipitação mensal observada relativa ao período de referência	mm
<i>P_{RCMcenario}</i>	Precipitação mensal simulada pelo modelo RCM relativa aos cenários de AC	mm
<i>P_{RCMreferência}</i>	Precipitação mensal simulada pelo modelo RCM para o período de referência	mm
Prof. Rad.	Profundidade do sistema radicular	m
RCM	Modelos climáticos regionais	
RCP	Representative Concentration Pathways	
Rn	Radiação líquida da superfície	
Rg	Rega	mm dia ⁻¹
RU	Reserva utilizável	mm
T _{max}	Temperatura máxima	°C
T _{min}	Temperatura mínima	°C
<i>T_{cenario}</i>	Temperatura mensal corrigida relativa aos cenários de AC	°C
<i>T_{obs}</i>	Temperatura mensal observada relativa ao período de referência	°C
<i>T_{RCMcenario}</i>	Temperatura mensal simulada pelo modelo RCM relativa aos cenários de AC.	°C
<i>T_{RCMreferência}</i>	Temperatura mensal simulada pelo modelo RCM para o período de referência	°C
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	
V _r	Volume de água disponibilizado pelo crescimento das raízes	mm dia ⁻¹
WMO	Organização Meteorológica Mundial	
Δr	Varição do volume de água armazenado no solo durante o período de tempo Δt	mm
Δt	Intervalo de tempo	dias

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do problema

O desejado conceito de desenvolvimento sustentável está a ser ameaçado, devido às alterações climáticas (AC) que são consideradas como um dos grandes desafios do século XXI (Borrego *et al.*, 2009; APA, 2009; Moreira e Ramos, 2016). Segundo os registos desde 1850, a temperatura tem sido sucessivamente mais alta na superfície terrestre com o período entre 1980 a 2012 a corresponder às três décadas com as temperaturas mais altas de que há registo. A média global calculada a partir dos dados combinados da superfície terrestre e oceânica mostram que a temperatura aumentou cerca de 0,85 °C no período de 1880 a 2012 (IPCC, 2014).

O aquecimento do sistema climático já é evidente, desde a década de 1950, tendo como exemplo dessas mudanças o aquecimento global da atmosfera, do oceano, a diminuição das áreas cobertas por neve e gelo e por último o aumento do nível do mar (IPCC, 2014).

A agricultura sendo uma atividade económica que se desenvolve maioritariamente ao ar livre, está muito dependente das condições meteorológicas, por isso, é das mais afetadas pelas alterações climáticas. Também é de realçar que quando se planeia um sistema de produção agrícola devem ser conhecidos e considerados os regimes termo-pluviométricos de cada região, para permitir deste modo, a gestão de exploração de uma forma mais eficaz (Braga e Pinto, 2009). Assim, é fundamental saber que medidas de adaptação podem ser tomadas de forma a manter a produção agrícola num clima mais quente e seco, recorrendo a diferentes cenários climáticos e agrícolas.

Há algumas décadas atrás, o clima de cada região era considerado estático para o planeamento agrícola. Utilizavam-se dados meteorológicos observados com períodos de 30 ou 40 anos, com o objetivo de realizar estudos a longo prazo e permitir efetuar previsões futuras, que poderiam ser consideradas como válidas para um futuro mais ou menos longínquo. A temática sobre o clima era desvalorizada, mas após o início dos anos 90, começou a ser um tema discutido e alvo de atenção. O pressuposto “de que o clima era estático” ficou de lado no início dos anos 90 do século passado, visto que começaram a levantar-se evidências de que o clima estava a mudar, isto é, que estariam e estão a ocorrer alterações climáticas. Isto fez com que a comunidade científica se comesse a preocupar e a estudar a forma como estas alterações estavam a acontecer,

bem como as suas causas e possíveis impactos nas diversas atividades económicas (Braga e Pinto, 2009).

Conforme descreve o 5º relatório de avaliação do IPCC (*Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas*), as emissões antropogénicas de Gases de Efeito de Estufa (GEE) aumentaram desde a era pré-industrial, provocadas principalmente pelo crescimento económico e populacional, estando estas atualmente a um nível mais alto do que nunca. Este facto levou a que as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso tivessem um aumento significativo, e os seus efeitos fossem notados em todo o sistema climático. A partir de meados do século XX estes GEE foram considerados como prováveis causas dominantes do aquecimento global (IPCC, 2014).

Segundo Miranda *et al.*, (2018), estudos recentes utilizando modelos climáticos projetam um aumento da precipitação global, resultante da maior capacidade de transporte de vapor pelo ar mais quente, mas acompanhada por uma importante redução na região subtropical em ambos os Hemisférios. De acordo com Pires *et al.*, (2018) no que diz respeito à evolução recente da precipitação em Portugal continental ocorrem uma diminuição dos valores anuais em cerca de -20 a -25 mm/década, sendo que as últimas 4 décadas, têm sido sucessivamente as mais secas e os últimos 20 anos particularmente pouco chuvosos. A temperatura média do ar aumentou, entre 1976 e 2017, a uma taxa de 0,3 °C/década, porém dos 10 anos mais quentes, 8 ocorreram após 1990, sendo o ano de 1997 o mais quente e 2017 o segundo mais quente. É de realçar que nas últimas 4 décadas verificou-se em Portugal um aumento no número de dias com temperaturas altas e uma redução no número de dias com temperaturas baixas (Pires *et al.*, 2018).

Portugal fazendo parte dos países do Sul da Europa encontra-se na lista dos mais sensíveis aos impactos das alterações climáticas (Borrego *et al.*, 2009). Tendo um clima mediterrânico, caracterizado por invernos temperados e húmidos e por verões quentes e secos, os agricultores têm frequentemente de tomar decisões de adaptação em resposta a uma evolução desfavorável da temperatura, escassez de água e à ocorrência de situações meteorológicas extremas. Uma vez que a agricultura é uma das atividades mais afetadas pelas condições climáticas nomeadamente temperatura e precipitação é de esperar que num cenário de mudança do clima sofra impactos importantes (Pinto *et al.*, 2006).

Depois de serem identificadas estas mudanças no clima a comunidade científica tem vindo a desenvolver e a avaliar diferentes medidas de adaptação, para cada sector tendo em conta as mudanças no clima projetadas para o futuro (Braga e Pinto, 2009). Por outro lado, a sociedade humana para garantir um uso sustentável dos recursos naturais, reduzindo os danos provocados no ambiente e evitando a rápida degradação das condições de habitabilidade de certas regiões do planeta, necessita de criar novos modelos de desenvolvimento (Miranda *et al.*, 2018), o que implica o desenvolvimento de medidas de mitigação e adaptação às AC.

A agricultura para além de ser afetada pelas alterações climáticas também contribui para que estas ocorram, daí a importância de se reduzir as emissões de GEE oriundas da atividade agrícola e se adaptar o sistema de produção alimentar para fazer face às alterações climáticas. No entanto as alterações climáticas constituem uma das muitas pressões a que a agricultura está sujeita, que incluem o aumento na procura de alimentos e a competição pelos recursos (EEA, 2015).

Pode-se afirmar que o sector agrícola apresenta duas faces distintas no que diz respeito à questão das alterações climáticas. Por um lado, é um dos que contribui para a própria alteração climática, ainda que com menos responsabilidades do que as outras causas, e por outro lado pode ajudar a mitigá-las, através da adoção de boas praticas agrícolas, contribuindo para a redução de emissões e o sequestro de carbono no solo (Braga e Pinto, 2009).

Em qualquer estudo de impacto das alterações climáticas na agricultura é importante ter em conta a problemática da incerteza (Rolim, 2013). A incerteza é bastante elevada quando se pretende descrever o comportamento da evolução futura de um sistema complexo como é o caso do sistema climático (Miranda *et al.*, 2018). Portanto, num estudo que aborde a temática das AC, em que se utilizem cenários climáticos futuros existem várias fontes de incerteza, entre elas o conhecimento incompleto do comportamento passado das variáveis que caracterizam o clima, o conhecimento limitado dos fenómenos físicos, químicos, biológicos e geológicos, que governam o clima e a necessidade de utilizar simplificações para simular o comportamento do sistema climático nos modelos climáticos (Duarte Santos, 2006). Tendo em conta a natureza do problema e as consequências que dele resultam para a produção agrícola é necessário desenvolver e avaliar medidas de adaptação que reduzam os impactos negativos das AC. Esta dissertação pretende contribuir positivamente para a proposta de soluções através da definição e avaliação de medidas de adaptação para o caso particular da agricultura de regadio.

1.2. Objetivos

O objetivo desta dissertação consiste em definir medidas de adaptação às alterações climáticas e avaliar os respetivos impactos nas necessidades de rega de algumas das principais culturas nas regiões de Évora (Alto Alentejo) e Lisboa (Região Metropolitana de Lisboa). Neste estudo considera-se o período de referência 1971–2000, com o qual são comparados os cenários futuros de AC. Estes são construídos usando as anomalias climáticas produzidas por modelos climáticos para o período 2071–2100 considerando os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, para as respetivas regiões.

Este objetivo geral, é concretizado através dos seguintes objetivos específicos:

- Determinação das necessidades de rega das culturas, para os diferentes cenários climáticos, através da simulação do balanço hídrico do solo, usando o modelo ISAREG;
- Definição e avaliação de medidas de adaptação às alterações climáticas para cada caso de estudo, que incidirão sobre os seguintes aspetos:
 - Alteração das atuais datas de sementeira;
 - Adoção de diferentes tecnologias e práticas de rega de modo a aumentar a eficiência da rega.

1.3. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos, incluindo a introdução e a conclusão.

Capítulo 1. Introdução: onde se procede ao enquadramento do problema e se descrevem os objetivos deste estudo.

Capítulo 2. Clima e Alterações Climáticas: onde se descrevem os conceitos básicos do clima e das alterações climáticas, as suas causas e cenários, a evolução recente do clima, os modelos climáticos, os portais para obtenção dos dados os impactos das alterações na agricultura, as medidas de adaptação para fazer face a estas e as metodologias para a avaliação dos impactos das alterações climáticas na agricultura.

Capítulo 3. Necessidades de rega das culturas: em que se destaca a evapotranspiração cultural, o balanço hídrico do solo, o modelo de simulação ISAREG, as eficiências de aplicação dos sistemas de rega, nomeadamente na rega por aspersão, rega por gravidade e rega localizada.

Capítulo 4. Metodologia: onde é feita a caracterização das regiões em estudo, dos cenários de alterações climáticas, dos cenários culturais, das tecnologias de rega e dos esquemas de rega utilizados no estudo. Apresenta-se a definição das diferentes medidas de adaptação propostas, que correspondem aos cenários culturais e das tecnologias de rega. Realiza-se a descrição da metodologia utilizada na correção dos cenários climáticos futuros, assim como a metodologia de avaliação dos impactos das AC. Descreve-se a modelação do balanço hídrico do solo com recurso ao modelo ISAREG incluindo a estrutura dos ficheiros de entrada e saída.

Capítulo 5. Resultados e discussão: onde é feita a apresentação e a discussão dos resultados obtidos.

Capítulo 6. Conclusão: neste capítulo procede-se à descrição das conclusões obtidas, efetuam-se as considerações finais deste trabalho, e descrevem-se as perspetivas futuras.

2. CLIMA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

2.1. Conceitos básicos

O clima é definido em sentido restrito como sendo o tempo médio, ou mais precisamente como a descrição estatística de diversas variáveis meteorológicas (temperatura, precipitação, radiação, vento etc.) ao longo de um período de tempo (meses ou anos). Conforme definido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) o período considerado para calcular a média dessas variáveis é de 30 anos, valor adotado em Portugal pelo Instituto de Meteorologia para definir as normais climatológicas. Clima definido em sentido mais amplo é o estado de tempo, incluindo uma descrição estatística do sistema climático (IPCC,2014).

O sistema climático é um sistema fechado, mas não isolado, isto é, não há entrada nem saída de massas, mas permite trocas de energia com o exterior (espaço) (Andrade e Basch, 2012). É um sistema muito complexo constituído por cinco componentes fundamentais: a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a litosfera e a biosfera que interagem entre si (IPCC, 2014). Sendo a componente atmosférica aquela que permite efetuar a caracterização do clima (IPCC, 2007).

As alterações no clima podem ser devidas a processos naturais internos ou fatores externos, como por exemplo as erupções vulcânicas, os ciclos solares e forçamentos radiativos provenientes de causa antropogénica dos quais se destacam mudanças na composição da atmosfera e no uso do solo (IPCC, 2014). O IPCC (2014), define alterações climáticas, como uma mudança no estado do clima, que pode ser identificada (usando testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade das suas propriedades e que perdure por um período longo de tempo (décadas ou mais).

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a mudança do clima, também conhecida como UNFCCC define alterações climáticas como mudança do clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, alterando a composição da atmosfera global (UNFCCC, 1992).

Um dos temas centrais da atualidade são as alterações climáticas. Assim sendo é importante que se encontrem formas de adaptar as diferentes atividades humanas a essas mudanças, isto é, construindo modelos de desenvolvimento compatíveis com o uso sustentável de recursos, de forma a reduzir os riscos. Uma vez que é necessário lidar

com este problema ao longo deste século, é necessário desenvolver uma elevada capacidade de previsão e de adaptação a estas mudanças (Miranda *et al.*, 2018).

2.2. Causas das alterações climáticas

As atividades humanas, nomeadamente a queima de combustíveis fósseis, entre outras, têm contribuído para as alterações climáticas. Na Figura 2-1, está representada a evolução dos gases de efeito estufa (GEE) desde o início da revolução industrial até ao presente.

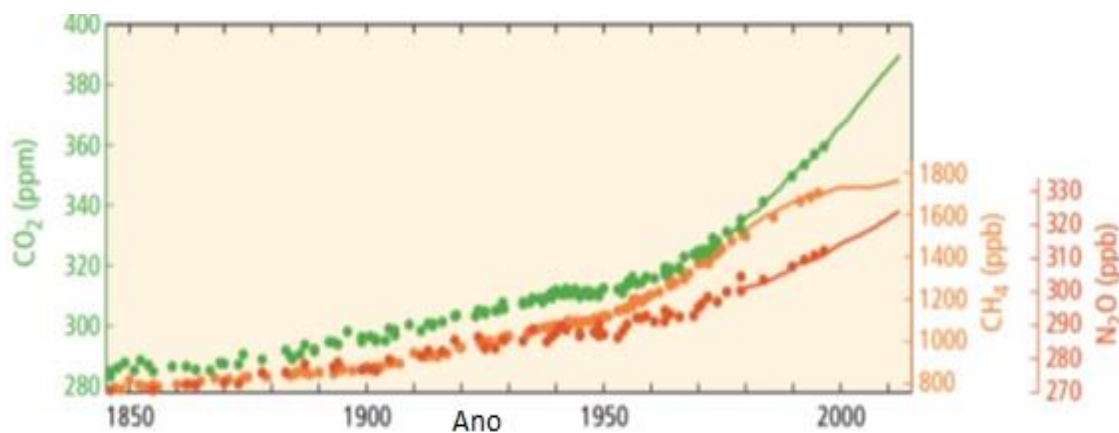


Figura 2-1 Concentrações de GEE (IPCC, 2014).

Conforme descreve o 5º relatório do IPCC (2014), desde a era pré-industrial que as concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) (Figura 2-1), aumentaram significativamente como consequência da atividade humana, e estas alterações nas concentrações de GEE, têm levado ao aquecimento global. Entre 1750 a 2011, as emissões cumulativas de dióxido de carbono (CO_2) antropogénico para a atmosfera foram de 2040 Gt CO_2 . Desses 2040 Gt CO_2 , cerca de 40% dessas emissões permaneceram na atmosfera, ou seja 880 Gt CO_2 e os restantes foram removidos da atmosfera e armazenados em terra (plantas e solos) e no oceano. O oceano absorveu cerca de 30% do CO_2 de origem antropogénica emitido, causando assim a acidificação dos mesmos (IPCC, 2014).

Por haver mais água do que solo a cobrir a superfície terrestre, não é de surpreender que o aquecimento dos oceanos tenha sido responsável por cerca de 93% do aquecimento global do planeta desde 1970 (IPCC, 2014). Isto acontece como consequência do aumento das emissões de GEE, onde se destaca o dióxido de carbono que tem retido cada vez mais energia solar na atmosfera, e a maior parte acaba por ser

armazenado nos oceanos de modo a afetar a temperatura e a circulação da água (EEA, 2015). A Figura 2-2 ilustra as emissões antropogénicas globais de CO₂ desde 1850.

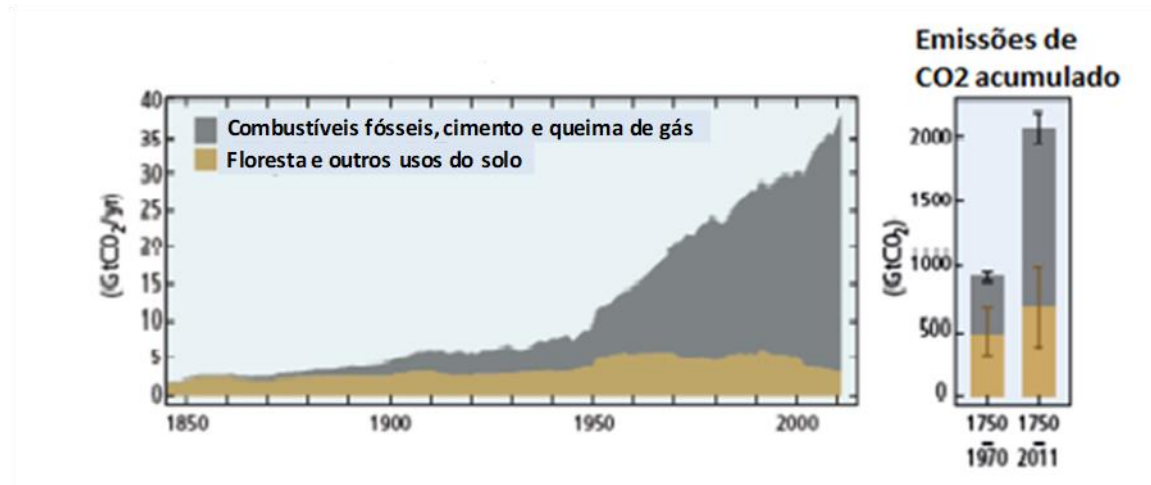


Figura 2-2 Evolução das emissões antropogénicas globais de CO₂ ao longo do tempo (IPCC,2014)

Observando a Figura 2-2, verifica-se que apesar de um número crescente de políticas de mitigação as emissões antropogénicas totais de GEE continuaram a aumentar, atingindo assim os maiores aumentos entre 2000 e 2010. As emissões de CO₂ provenientes da combustão de combustíveis fósseis contribuíram com cerca de 78% do total de emissões de GEE de 1970 a 2010, e o crescimento económico e populacional continua a ser o fator mais importante para o aumento das emissões de CO₂, através da combustão de combustíveis fósseis (IPCC, 2014).

A evidência da influência humana no sistema climático foi destacada no 4º relatório de avaliação do IPCC (2007). É extremamente provável que mais da metade do aumento observado na temperatura média global da superfície de 1951 a 2010, tenha sido causado pelo aumento nas concentrações de GEE e outras forças antropogénicas. As forças antropogénicas provavelmente contribuíram substancialmente para o aumento da temperatura da superfície desde meados do século XX em todas as regiões continentais. O efeito das emissões antropogénicas no clima tem estado a ser observado, sendo de referir que afetaram visivelmente o ciclo global da água desde 1960 e contribuíram para o recuo dos glaciares e para o aumento do degelo da Gronelândia desde 1993. Também contribuíram para a perda de gelo do Ártico desde 1979 e para o aumento global do nível médio do mar visível desde a década de 1970 (IPCC, 2014).

2.3. Evolução recente do clima

Para entender melhor a recente evolução do clima a NASA começou por estimar a temperatura média anual global para o período 1880–2017 a partir das observações em estações meteorológicas. Esta evolução foi descrita de uma forma simples por uma curva representativa da média global da temperatura observada (Figura 2-3) (Miranda, 2018).

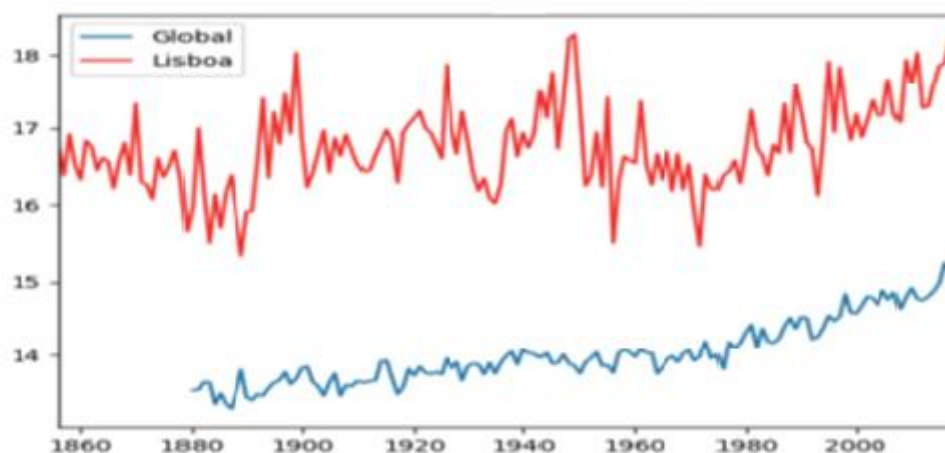


Figura 2-3 Evolução da temperatura média anual global e observada em Lisboa (Miranda et.al., 2018)

A curva indica que a temperatura aumentou ao longo dos anos, e este aumento agravou-se a partir da década de 1970, traduzida num aumento estimado de 0,85 °C no período de 1880–2012. A comparação da evolução da temperatura observada na estação do Instituto Dom Luís (IDL) em Lisboa, permite concluir tendências recentes muito idênticas a global, mas com uma variabilidade interdecadal maior (Miranda *et al.*, 2018).

De acordo com Miranda *et al.*, (2018), apesar da temperatura média ser importante para se perceber como o clima se tem alterado ao longo dos últimos anos, visto que esta afeta naturalmente todos os seres vivos e todos os sistemas físicos, também é de realçar outras variáveis importantes que nos ajudam a entender melhor essa evolução, como é o caso da precipitação (disponibilidade de água) que é considerada como uma das variáveis críticas para a sustentabilidade dos diferentes ecossistemas agrícolas e florestais.

No último século, as observações em Portugal indicam que houve uma alteração progressiva da disponibilidade de água, devido a um aumento da variabilidade interanual da precipitação. Nos últimos 30 anos o ciclo anual de precipitação em Lisboa mostrou tendência para a diminuição da precipitação em janeiro-março, parcialmente

compensada por pequenas subidas no fim da primavera e ultimamente no outono (Miranda, 2018).

Recentemente têm-se verificado uma repetição de eventos recorde com chuva e vento extremos em curto períodos de tempo e com secas intensas muito prolongadas devido ao aumento da variabilidade. Também se constatou que a amplitude térmica aumentou e a frequência do número de dias com temperatura superior a 35 °C triplicou (IPCC, 2014). A intensificação destes eventos tem vindo a ser sentida em geral na Europa Ocidental, desde 1880 (EEA, 2019).

As projeções para a temperatura da superfície indicam um aumento ao longo do século XXI em todos os cenários de emissão avaliados e é muito provável que as ondas de calor ocorram com maior frequência e durem mais tempo, e que eventos extremos de precipitação se tornem mais intensos e frequentes em muitas regiões do planeta (Collins *et al.*, 2013).

2.4. Cenários de alterações climáticas

Para estudos de avaliação dos impactos das alterações climáticas na agricultura os dados necessários consistem em dados climáticos, normalmente médias sobre períodos de 30 anos de diversos parâmetros meteorológicos, sendo os mais importantes a temperatura mínima e máxima do ar, a precipitação, radiação solar global, humidade relativa, intensidade do vento e a pressão atmosférica. A partir destes parâmetros meteorológicos podem-se calcular outros parâmetros relevantes no estudo das alterações climáticas como por exemplo a evapotranspiração de referência (Braga e Pinto, 2009).

Os dados dos cenários futuros de alterações climáticas são produzidos por modelos climáticos que levam em consideração os cenários de emissões de GEE. Por isso é importante quando se fazem estudos relacionados com as alterações climáticas selecionar quais os cenários de emissões e os modelos climáticos que serão utilizados e, organizar estes dados de forma a servir como dados de entradas nas simulações dos impactos (Rolim *et al.*, 2009).

Como descrito no 5º relatório do IPCC sobre as alterações climáticas, os cenários climáticos são baseados em forçamentos radiativos antropogénicos no final do século XXI, o que faz com que se considerem caminhos diferentes para chegar a quatro diferentes forçamentos radiativos que correspondem a diferentes caminhos de concentrações dos GEE, os chamados RCPs (Representative Concentration Pathways) (IPCC, 2014). A Figura 2-4, ilustra a evolução da temperatura global da superfície para

diferentes RCPs, que indicam a continuação do aumento do aquecimento global para todos os cenários no século XXI (Collins *et al.*, 2013).

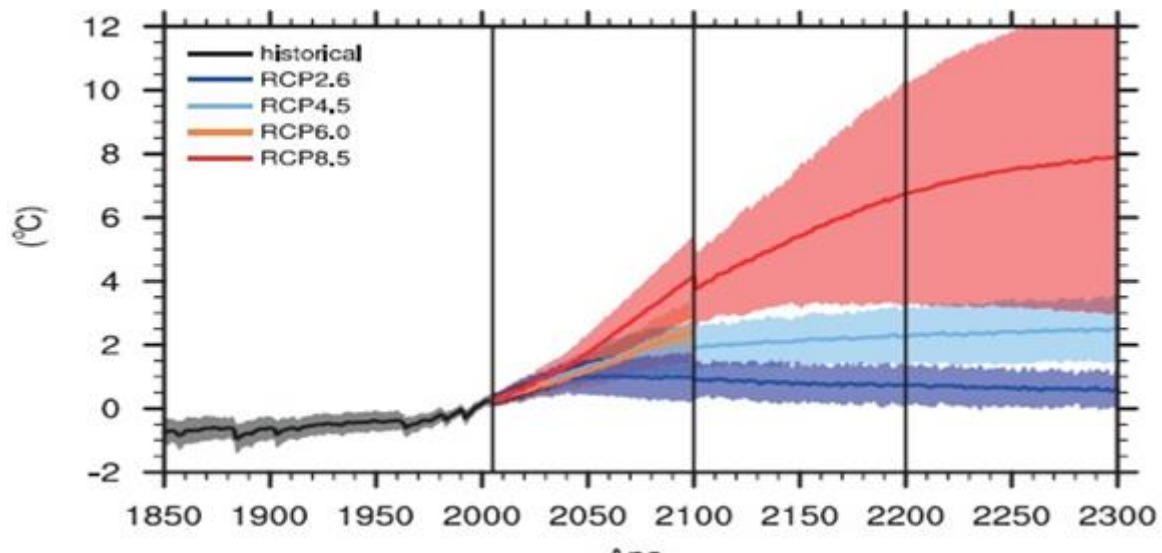


Figura 2-4 Evolução da temperatura global da superfície para diferentes cenários climáticos (Collins *et al.*, 2013).

Os RCPs foram desenvolvidos usando modelos integrados de avaliação, como entrada para uma vasta gama de simulações para projetar as suas consequências no sistema climático. Estas projeções climáticas por sua vez são usadas na avaliação dos impactos e das medidas de adaptação, e de acordo com o 5º relatório do IPCC, foram desenvolvidos 4 cenários RCPs, a partir dos modelos de avaliação integrados, que são os RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5, sendo descritos como:

- RCP 2.6, uma via em que o forçamento radiativo atinge o pico (3 W/m^2) antes de 2100 e depois diminui, assumindo valores constantes de emissões após 2100;
- RCP 4.5 e RCP 6.0, são duas vias intermediários de estabilização nas quais o forçamento radiativo é estabilizado respetivamente em aproximadamente $4,5 \text{ W/m}^2$ e $6,0 \text{ W/m}^2$ após 2100, e assume concentrações constantes após 2150;
- RCP 8.5, é considerado como sendo um trajeto de elevados emissões para qual o forçamento radiativo atinge valores superior a $8,5 \text{ W/m}^2$ em 2100, e este continua a aumentar por algum tempo, e assume concentrações constantes após 2250.

O clima do futuro dependerá do aquecimento causado pelas emissões antropogénicas passadas, bem como das emissões antropogénicas futuras, e da sua variabilidade natural, contribuindo assim para que as projeções sobre as mudanças climáticas para meados do século XXI sejam substancialmente afetadas pela escolha dos cenários de emissões (IPCC, 2007).

O IPCC (2014) prevê para o final do século XXI (2081-2100) que o aumento da temperatura à superfície (Quadro 2-1) provavelmente exceda 1,5 °C para RCP 4.5, RCP 6.0, e RCP 8.5, e é provável que o aquecimento exceda os 2 °C para o RCP 6.0 e RCP 8.5 e com maior probabilidade de não exceder os 2 °C para o RCP 4.5, sendo improvável que exceda para o RCP 2.6. No quadro 2-1, apresentam-se os intervalos possíveis do aumento da temperatura global para os 4 cenários RCPs.

Quadro 2-1 Projeções da variação da temperatura média global da superfície para final do século XXI, para os 4 cenários de alterações climáticas (Adaptado de IPCC, 2014).

	Cenário	2046-2065		2081-2100	
		Média	Intervalo provável	Média	Intervalo provável
Alteração da Temperatura Média Global da Superfície (°C)	RCP 2.6	1,0	0,4 – 1,6	1,0	0,3 – 1,7
	RCP 4.5	1,4	0,9 – 2,0	1,8	1,1 – 2,6
	RCP 6.0	1,3	0,8 – 1,8	2,2	1,4 - 3,1
	RCP 8.5	2,0	1,4 – 2,6	2,7	2,6 – 4,8

2.5. Modelos climáticos

Os modelos climáticos são instrumentos muito importantes no estudo das alterações climáticas, porque através da simulação do sistema climático permitem-nos interpretar e investigar o comportamento observado do clima assim como obter cenários climáticos futuros de alteração climática (Duarte Santos, 2006). De acordo com o IPMA (2018) os modelos climáticos são uma representação numérica do sistema climático, tendo por base as propriedades físicas, químicas e biológicas dos seus diversos componentes. Estes podem ser classificados em dois grandes grupos: modelos climáticos globais (Global Climate Models GCM) e modelos climáticos regionais (Regional Climate Models RCM).

2.5.1. Modelos climáticos globais

Os modelos climáticos são a principal ferramenta para investigar a resposta do sistema climático aos vários forçamentos dos diferentes cenários de emissões, permitindo efetuar projeções do clima futuro ao longo de próximo século (Flato *et al.*, 2013).

Os modelos climáticos globais (GCM), ou modelos climáticos de circulação global, são modelos numéricos de previsão do clima para o globo terrestre, englobando a representação matemática dos processos físicos da atmosfera, oceano, criosfera e

superfície terrestre. A simulação do sistema climático é baseada nas leis fundamentais da natureza (e.g. conservação de energia, de massa e de momento) e é efetuada através de uma malha tridimensional que cobre o globo com uma resolução horizontal geralmente entre 250 a 600 km, sendo considerados 10 a 20 níveis verticais (Duarte Santos, 2006; Flato *et al.*, 2013; IPMA, 2018). O sistema climático pode ser representado por modelos de complexidade variável, sendo que os modelos Acoplados de Circulação Geral da Atmosfera e do Oceano (Atmosphere–Ocean General Circulation Models - AOGCM) oferecem atualmente a representação do sistema climático mais abrangente (IPMA, 2018). Os modelos AOGCMs são atualmente os modelos mais fiáveis na realização de projeções do clima para os futuros cenários de AC (Miranda *et al.*, 2006). Estes modelos permitem compreender a dinâmica dos componentes físicos do sistema climático e fazer projeções climáticas relativas aos cenários futuros tendo por base os forçamentos futuros dos gases de efeito de estufa (GEE) e aerossóis (Flato *et al.*, 2013; Bernardino e Espírito Santo, 2015). A resolução espacial dos GCMs levanta dificuldades na utilização dos cenários de alteração climática em estudos de avaliação dos impactos das AC a nível local, nomeadamente no caso da agricultura (Duarte Santos, 2006)

Para aumentar a resolução espacial dos dados produzidos pelos modelos GCM efetua-se o *downscaling* espacial dos modelos GCM, que consiste num conjunto de métodos utilizados para produzir dados climáticos com uma maior resolução espacial (IPMA, 2018). Estes métodos são designados por técnicas de regionalização e podem-se dividir em duas classes: a regionalização estatística e a regionalização dinâmica, onde se utilizam os modelos climáticos regionais (Duarte Santos, 2006).

A regionalização estatística (Statistical downscaling) envolve o desenvolvimento de relações estatísticas entre variáveis climáticas de larga escala (preditores) com as variáveis regionais ou locais (predicandos). Os preditores são obtidos a partir de um GCM, e ao serem utilizados num modelo estatístico, permitem efetuar a estimativa do clima a nível local e regional (Duarte Santos, 2006; Flato *et al.*, 2013). Na regionalização dinâmica utilizam-se modelos climáticos de elevada resolução espacial, tipicamente da ordem da dezena de quilómetros, numa área limitada da superfície terrestre, que permitem obter cenários climáticos numa escala adequada à realização de estudos de impacto das AC, sendo denominados modelos climáticos regionais. (Duarte Santos, 2006). Os dados regionalizados produzidos por modelos RCM são normalmente distribuídos através de projetos de investigação que disponibilizam portais de acesso aos dados e que

constituem atualmente uma das principais fontes de dados climáticos de cenários de alteração climática para estudos de impacto (Climate for impact, 2019).

2.5.2. Modelos climáticos regionais

O desenvolvimento e o uso de modelos climáticos regionais (RCMs), também conhecido como downscaling (regionalização) dinâmico, quando aplicados aos dados produzidos pelo modelo climático global (GCM), teve origem no final dos anos 80 (Giorgi e Gutowski, 2015). Os modelos climáticos regionais consistem num modelo numérico de previsão do clima para uma dada região. Estes modelos possuem resoluções espaciais da ordem da dezena de quilómetros, sendo as suas condições de fronteira definidas a partir dos modelos GCM (IPMA, 2018). Os RCMs foram desenvolvidos para estudar processos regionais e gerar informações climáticas de alta resolução com base física em escalas relevantes para estudos de vulnerabilidade, impacto e adaptação (Giorgi e Gutowski, 2015). O processo de regionalização dinâmica através do uso de modelos RCM permite produzir cenários com uma resolução espacial muito maior (12 a 50 km), ou seja, com uma escala adequada à realização de estudos de impacto. Os dados climáticos produzidos pelos modelos RCM apresentam incerteza, incorporando tanto as incertezas do modelo GCM, assim como as que são produzidas pelo próprio processo de regionalização dinâmica (Duarte Santos, 2006).

Hoje em dia vários RCMs estão disponíveis para o estudo de impactos das alterações climáticas, tendo estes evoluídos a partir de modelos de meso escala e previsão do tempo ou como configurações regionais de modelos globais. É de referir que muitas instituições em todo o mundo usam RCMs, que provaram ser ferramentas flexíveis utilizadas por uma grande comunidade com uma ampla diversidade de aplicações, desde estudos regionais a simulações climáticas em todas as regiões terrestres do mundo (Giorgi e Gutowski, 2015).

2.5.3. Portais para obtenção dos dados

Os dados dos cenários de alteração climática produzidos pelos modelos RCM podem ser obtidos a partir de plataformas que são disponibilizadas por projetos. Como exemplos de projetos ou plataformas que disponibilizam estes dados têm-se o projeto CORDEX, o climate for impact, o serviço de alterações climáticas do Copernicus e o portal do clima em Portugal.

O projeto CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) pertencente ao World Climate Research Programme (WCRP), foi iniciado em 2009 com o intuito de dar resposta à necessidade de uma estrutura coordenada para avaliar e melhorar

as técnicas de redução de escala regional do clima (Cordex, 2019). Este projeto internacional permitiu avaliar o desempenho dos modelos climáticos regionais, realizando o downsacaling dos modelos GCM, por meio de um conjunto elevado de simulações com diferentes modelos RCM com o objetivo de produzir projeções climáticas regionais. Deste modo consegue preencher a lacuna existente entre a comunidade de modelação climática e os utilizadores finais dessa informação para a avaliação de impactos e definição de medidas de adaptação.

O serviço de alterações climáticas do Copernicus, da agência espacial europeia (ESA), consiste em apoiar as políticas de adaptação e mitigação da União Europeia fornecendo informações consistentes sobre as mudanças climáticas, nomeadamente cenários de alteração climática produzidos por modelos RCM (incluindo os dados do projeto Cordex). Essas informações podem ser descarregadas de forma gratuita no seguinte portal <https://www.copernicus.eu/en/services> (Copernicus, 2019). Outro exemplo de portal que disponibiliza dados de simulações de modelos RCM consiste no portal climate for adapt (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>) que também disponibiliza dados de cenários climáticos resultantes do projeto CORDEX. Para Portugal o portal do clima (<http://portaldoclima.pt/pt/>), é uma plataforma que disponibiliza dados de AC tendo sido desenvolvido no âmbito do programa AdaPT, que foi concebido para apoiar as atividades sobre a “Adaptação à Mudança Climática” em Portugal. O projeto no qual foi desenvolvido o portal do clima teve por objetivo a produção e publicação de um portal de internet relativo ao clima em Portugal, constituindo assim uma plataforma de acesso fácil para o público em geral com funções de divulgação de cenários de alteração climática, nomeadamente as series históricas, as de alterações climáticas a nível regional e diversos indicadores climáticos apoiando assim a avaliação de impactos e a definição de medidas de adaptação. O projeto recorreu ao processamento de dados climáticos passados e dos dados de projeções climáticas do projeto CORDEX para divulgação através do website (IPMA, 2018). Este portal disponibiliza dados de AC para as diferentes regiões do país, constituindo atualmente a fonte de dados de referência para a obtenção de cenários de alteração climática para Portugal. Assim sendo, como já referido, os dados dos cenários climáticos utilizados neste trabalho foram obtidos através do portal do clima.

2.6. Impactos das alterações climáticas na agricultura

Nas últimas décadas as alterações climáticas causaram impactos nos sistemas naturais e humanos de todos os continentes e oceanos. Este impacto é mais forte e mais abrangente para os sistemas naturais. Em muitas regiões a alteração da precipitação ou fusão de neve e gelo estão a alterar os sistemas hidrológicos, afetando assim os recursos hídricos em termos de quantidade e qualidade. Os glaciares continuam a diminuir em quase todo o mundo devido à mudança climática, afetando o escoamento e os recursos hídricos a jusante (IS-ENES, 2019).

Muitas espécies terrestres de água doce e marinhas mudaram as suas distribuições geográficas, sazonalidade, padrões de migração e interações entre espécies como resposta às alterações climáticas em curso. Muitos estudos que abrangem uma grande variedade de culturas e regiões mostram que impacto negativo das alterações climáticas no rendimento das culturas tem sido mais comum do que os impactos positivos (IPCC, 2014).

A produção agrícola é fortemente afetada pelas condições climáticas, já que as mudanças na temperatura e precipitação média influenciam o rendimento das culturas, assim como a produção de gado em muitas regiões da Europa. Espera-se ainda que o aumento previsto no número de eventos climáticos extremos influencie as colheitas das culturas, aumentando os riscos de perdas e também os riscos associados à pecuária em toda a Europa (EEA, 2019). Como descreve o IS-ENES (2019), no portal *climate for impact* uma temperatura mais elevada pode levar a germinação precoce que aumenta os riscos de danos causados pelas geadas, as precipitações extremas mais frequentes podem também levar a perdas nas colheitas; devido às altas temperaturas especialmente quando combinadas com elevados valores de humidade podem aumentar o risco de desenvolvimento de pragas e doenças.

Os impactos das alterações climáticas na agricultura variam em toda a Europa, e como exemplo positivo desta variabilidade temos mudanças dos ciclos culturais, o que pode melhorar a adaptação de determinadas culturas no norte da Europa (por exemplo a vinha), mas os seus efeitos negativos levarão a perdas de rendimento, e à redução da qualidade dos produtos, em particular no sul da Europa.

O aumento da temperatura pode levar, à aceleração do desenvolvimento fenológico das culturas, devido a uma redução do tempo necessário para a assimilação da biomassa, que se traduzirá num menor rendimento durante a colheita (EEA, 2019). Como referido no IS-ENES (2019), a alteração na temperatura pode levar a mudança na duração da estação de desenvolvimento das culturas, com implicações nos calendários destas. Por

exemplo a alta temperatura durante a primavera/verão pode levar a uma maturação muito precoce das sementes, levando a redução do rendimento destas. O aumento da temperatura contribui para a redução no período de enchimento dos grãos das culturas, com efeitos prejudiciais sobre os cereais, leguminosas e oleaginosas. É também importante referir que em certas áreas o aumento da temperatura obrigará ao cultivo de novas culturas/variedades mais resistentes ao aumento da temperatura. Observações feitas para a Europa mostram que o aumento da temperatura afeta significativamente a fenologia das culturas e a duração do ciclo de crescimento na maior parte da Europa, e esta determina um início mais precoce do crescimento da cultura bem como o seu rápido desenvolvimento, especialmente para as culturas perenes (EEA, 2019).

Estudos recentes confirmam que as alterações observadas no clima já estão a levar à adaptação das culturas na Europa, provocando assim mudanças principalmente no cultivo das culturas locais como oliveiras e vinhas na região Mediterrânica. Assim, devido às alterações no clima, as regiões do sul da Europa, podem perder a sua aptidão para o cultivo de determinadas culturas que poderão migrar para as regiões do norte da Europa que tenderão a apresentar condições mais favoráveis. As potenciais vantagens do prolongamento da estação de crescimento no norte e leste da Europa serão muitas vezes anuladas pelo risco de geadas tardias e um risco de aumento de ondas de calor no início da primavera e no verão.

As alterações esperadas na precipitação durante as principais fases de desenvolvimento das culturas podem neutralizar os efeitos negativos da temperatura ou, em outros casos, reforçá-los. Sob um cenário de aquecimento de 2 °C, os modelos projetam um aumento da escassez de água no sul da Europa, particularmente no Chipre, Grécia, Itália, Espanha, Portugal e Turquia, enquanto no centro e norte da Europa mostram um aumento da sua disponibilidade anual, sendo as alterações climáticas consideradas responsáveis por cerca de 80 a 90 % destas mudanças. Deste modo grande parte da Europa poderá assistir à migração da produção agrícola para o norte nas próximas décadas (EEA, 2019).

2.7. Metodologias para avaliação dos impactos na agricultura

Estudar os impactos das alterações climáticas na agricultura é algo difícil de se efetuar visto que a incerteza relativa ao clima é cada vez maior (Brandão, 2006). Logo, para fazer face às alterações climáticas é fundamental dispor de metodologias de análise

que possibilitem projetar os possíveis impactos e assim permitir desenvolver medidas de adaptação. Para a avaliação dos impactos de alterações climáticas na agricultura podem ser utilizadas diferentes metodologias, consoante o objetivo do estudo e a escala de análise, e que são sistematizadas em Braga e Pinto (2009) e que se descrevem de seguida:

Uma das abordagens utilizadas consiste na realização de ensaios em câmaras de crescimento abertas ou fechadas, incluindo estufas, em que é possível efetuar o controlo da temperatura do ar, da concentração de CO₂, da humidade relativa, etc. Assim sendo, é possível estudar os efeitos nas plantas das condições ambientais projetadas para os cenários futuros de AC caracterizados por concentrações mais elevadas do CO₂ na atmosfera e uma temperatura do ar mais elevada. Este tipo de estudos é apenas válido para as culturas e as condições consideradas, não permitindo extrapolar os resultados para uma escala regional.

Outra forma de estimar os impactos das AC nas culturas consiste na utilização de índices agroclimáticos, tais como o somatório dos graus-dia ou índices de severidade das secas que permitem avaliar a aptidão futura de uma região para uma dada cultura. Outra metodologia consiste na utilização de modelos estatísticos, em que se estabelece uma dada relação entre dados observados da cultura e uma dada variável climática. Um exemplo típico consiste em estimar as produtividades das culturas em função da temperatura, precipitação, data de sementeira, etc. A vantagem da utilização destes modelos estatísticos é permitir simular a resposta das culturas para os cenários de AC, apesar das incertezas e limitações associadas, sendo considerados de simples aplicação e também pouco exigentes quanto aos dados de entrada necessários.

A utilização de analogias temporais e espaciais são uma outra abordagem disponível. Na analogia temporal efetua-se o estudo de um período do passado (um ano particularmente quente e/ou seco) como imagem de um cenário futuro de AC. Na analogia espacial estuda-se o comportamento das culturas numa região que apresente um clima semelhante ao cenário futuro projetado para a região em que se pretendem avaliar os impactos.

Por último referem-se os modelos de simulação baseados em processos que realizam a simulação dos processos (e.g. fotossíntese, respiração, evapotranspiração) através de um conjunto de relações matemáticas. Estes modelos permitem estimar diferentes variáveis das culturas tais como a produção de biomassa, as necessidades de rega, etc. em função dos fluxos e do armazenamento de massa, energia ou de outras grandezas, que governam os vários processos que ocorrem nas plantas. Este último método foi o adotado neste estudo para estimar o impacto das AC, através da adoção de um modelo de simulação do balanço hídrico do solo.

Recentemente o *climate for impact* (2019) apresentou uma sistematização das metodologias de avaliação dos impactos de alterações climáticas a utilizar na agricultura, com especial enfoque na utilização de dados de modelos RCM e de modelos de simulação das culturas. No portal *climate for impact* é apresentado um diagrama (Figura 2-5) tendo as principais etapas necessárias aos processamentos dos dados climáticos para o uso em avaliações de impactos e definição de medidas de adaptação, sendo que algumas dessas etapas requerem considerável conhecimento climático. Para estas avaliações precisam-se de três tipos de dados:

- Dados climáticos observados para a região de estudo;
- Dados dos modelos climáticos simulados para o mesmo período coberto pelos dados observados;
- Dados dos modelos climáticos simulados para o futuro.

A primeira etapa consiste na seleção da variável e domínio, em que se começa por definir a área de estudo e as variáveis necessárias que o modelo precisa (temperatura, precipitação etc.).

De seguida faz-se a seleção dos cenários. Nesta fase faz-se a escolha dos cenários disponíveis para o estudo dos impactos. Portanto deve-se escolher diferentes cenários SRES (Special Report on Emissions Scenarios) ou diferentes cenários de RCP.

Depois de escolher os cenários disponíveis, para avaliar os impactos deve-se fazer a seleção dos modelos. No entanto é fundamental escolher modelos climáticos que produzam os dados necessários para a área escolhida para o estudo. Os dados dos modelos climáticos (GCM) usam uma resolução muito baixa, daí que para torná-los úteis nos estudos dos impactos de AC é necessário reduzi-los a uma resolução maior. Esta redução faz-se usando um modelo climático regional. Por ser uma tarefa difícil para um investigador dos impactos de AC na agricultura, é aconselhado a utilização de dados de modelos RCM produzidos por projetos de investigação que efetuam o respetivo downscaling, como por exemplo o projeto CORDEX.

Após a escolha dos modelos, é necessário conhecer os dados climáticos do passado e do presente da área em estudo, pertencentes ao mesmo modelo, assim como os dados observados em estações meteorológicas para o mesmo período de referência para se poderem comparar. Estes dados serão utilizados nos modelos de simulação das culturas para a produção de índices que permitam avaliar os impactos através da comparação dos resultados obtidos para os cenários de AC com o período de referência.

A Figura 2-5 mostra a lista de todas as etapas (principais e opcionais) necessárias para a avaliação dos impactos de AC, recomendadas pelo portal climate for impact (2019).

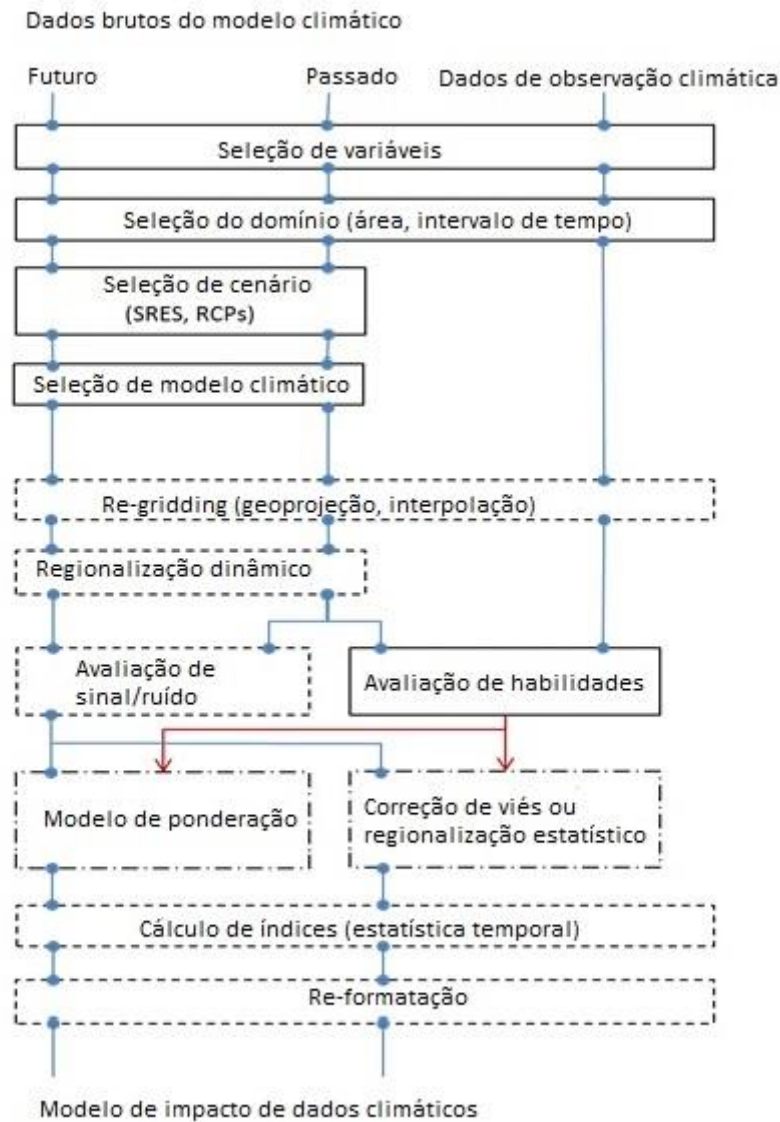


Figura 2-5 Etapas necessárias para avaliação dos impactos de AC (Adaptado de IS-ENES, 2019).

————— Principal
 - - - - - Opcional

3. NECESSIDADES DE REGA DAS CULTURAS

3.1. Evapotranspiração

3.1.1. Evapotranspiração de referência

A evapotranspiração de referência (ET_o) é a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, para o qual se assume uma altura da cultura de 0,12 m, uma resistência de superfície constante de 70 s m⁻¹ e um albedo de 0,23, semelhante à evapotranspiração de uma superfície extensa de relva verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo completamente o solo e bem abastecida em água (Allen *et al.*, 1998).

Os dados meteorológicos necessários para o cálculo da ET_o através do método padrão definido pela FAO Penman_Monteith são a temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, a humidade relativa máxima, a humidade relativa mínima, a velocidade do vento e a radiação solar (Allen *et al.*, 1998). Uma vez que nem sempre é possível aceder a séries climáticas com todas as variáveis meteorológicas necessárias ao método da FAO Penman–Monteith (Allen *et al.*, 1998) existem métodos de cálculo alternativos para estimar os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) com base num menor número de variáveis de que é exemplo o método de Hargreaves-Samani, utilizado em vários estudos realizados em Portugal (Teixeira *et al.*, 2008, Shahidian *et al.*, 2012). O método de Hargreaves–Samani foi proposto em 1982 e atualizado em 1985 (Shahidian *et al.*, 2012). O método necessita apenas de dados da temperatura do ar, e de coeficientes dependentes da latitude do local e época do ano, tendo sido este o método de cálculo da evapotranspiração de referência utilizado neste trabalho em virtude de apenas se dispor de dados climáticos de temperatura máxima, temperatura mínima e de precipitação. A equação de Hargreaves–Samani pode ser expressa da seguinte forma (Shahidian *et al.*, 2012):

$$ET_o = \alpha \times (T + 17,78) \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times R_a \quad [3.1]$$

onde:

T_{max} – temperatura máxima (°C)

R_a – radiação extraterrestre (mm dia⁻¹)

T_{min} – temperatura mínima (°C)

α = 0,0023

3.1.2. Coeficiente cultural

O coeficiente cultural (K_c), é a razão entre a evapotranspiração de uma dada cultura e a da cultura de referência (Allen *et al.*, 1998). Apresenta um valor inferior a um para culturas que necessitam de menos água do que a cultura de referência (relva) e superior a um para cultura que precisam de mais água (Pereira, 2004; Sequeira, 2015).

$$ET_c = K_c \times ET_o \Leftrightarrow K_c = ET_c / ET_o \quad [3.2]$$

onde:

ET_c – evapotranspiração cultural (mm dia^{-1});

K_c – coeficiente cultural (adimensional);

ET_o – evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}).

3.1.3. Fatores que determinam o coeficiente cultural

A Figura 3-1 ilustra a variação do K_c em diferentes fases de desenvolvimento das culturas influenciado pelo fator clima e pelo desenvolvimento das mesmas. O coeficiente cultural representa uma interação de efeitos de quatro características primárias que diferenciam a evapotranspiração cultural da evapotranspiração de referência (Allen *et al.*, 1998). Estas características são:

- Altura da cultura, que influencia a resistência aerodinâmica;
- Albedo da superfície cultura-solo, que é afetado pela fração do solo coberto pela vegetação e pela humidade à superfície do solo. Tem influência na radiação líquida da superfície (R_n) que é a fonte primária na troca de energia no processo de evaporação;
- Resistência de superfície relativa ao par cultura-solo, que é afetada pela área foliar (número de estomas), pela idade, condição foliar e pelo grau de controlo estomático;
- Evaporação do solo, especialmente do solo exposto.

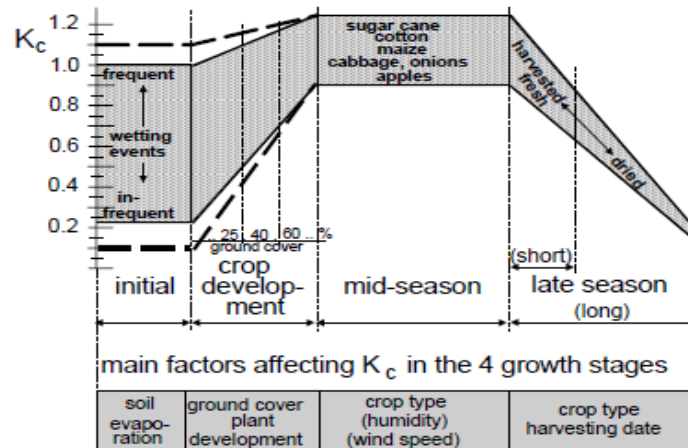


Figura 3-1 Variação do K_c para diferentes culturas em diferentes fases de desenvolvimento, influenciado pelo clima (Adaptado de Allen *et al.*, 1998)

Conforme descreve Allen *et al.*, (1998) o coeficiente cultural é determinado pelo tipo de cultura, pelo clima, pela evaporação do solo e pelas fases de desenvolvimento das culturas.

3.1.4. Determinação do coeficiente cultural (K_c)

O coeficiente cultural pode ser determinado com base em dois tipos de abordagens diferentes: o K_c simples e o K_c dual. Uma vez que o modelo do balanço hídrico utilizado neste trabalho se baseia na abordagem do K_c médio apenas se descreve esta abordagem.

O K_c simples consiste na utilização de um único K_c , onde o efeito da transpiração da cultura e da evaporação do solo são combinados em um único coeficiente. Esta abordagem é adequada para um cálculo semanal ou para períodos de tempo mais extenso. Também é adequado para estudos de planejamento, e em projetos de rega em que se utilizam sistemas de rega, como por exemplo a rega de superfície, ou a rega por aspersão fixa com intervalos entre rega de vários dias geralmente de dez ou mais dias (Pereira, 2004).

3.1.5. Evapotranspiração cultural

A evapotranspiração cultural (ET_c) é calculada multiplicando a evapotranspiração de referência pelo coeficiente cultural (Allen *et al.*, 1998). É definida como sendo a evapotranspiração de uma cultura sã e bem fertilizada, que cresce numa área extensa, sem limitações da água no solo e atingindo o seu pleno potencial produtivo para uma dada condição climática (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004).

Para o cálculo do balanço hídrico do solo, é necessário calcular a evapotranspiração cultural, sendo a ET_c calculada de acordo com a equação 3.2 apresentada anteriormente. Com base nos valores de ET_c podem-se estimar as necessidades de rega das culturas através da simulação do balanço hídrico do solo. No caso deste trabalho utilizou-se o modelo ISAREG. Esta simulação requer que se conheça os dados dos solos selecionados e das culturas escolhidas.

3.2. Balanço hídrico do solo

O balanço hídrico do solo é necessário na simulação das necessidades de rega das culturas. Define-se como sendo o balanço de massa de um reservatório que corresponde a zona do solo explorado pelas raízes (Figura 3-2), que tem como principal papel receber água através da precipitação, da rega ou ascensão capilar, compensando assim as perdas, através da evapotranspiração das culturas, escoamento superficial ou as perdas por drenagem e percolação profunda. Conhecer o balanço hídrico do solo na zona radicular é essencial para uma boa gestão da água (Pereira, 2004).

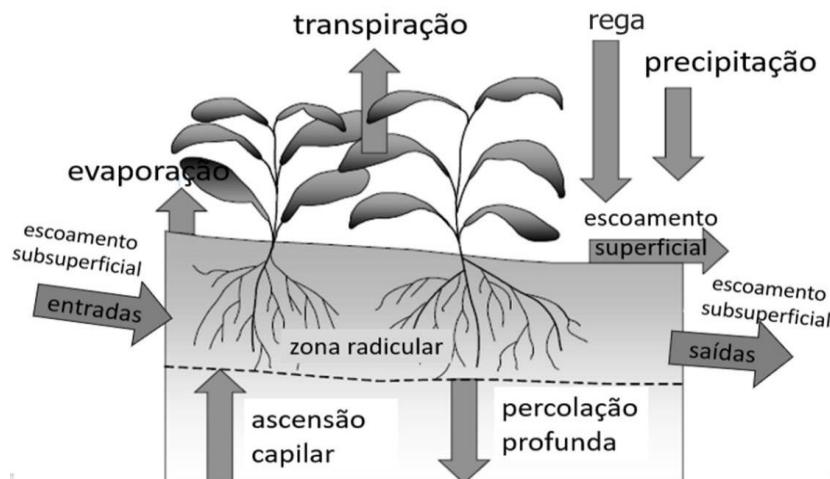


Figura 3-2: Balanço hídrico na zona radicular (Pereira, 2004)

Para uma gestão mais eficiente da água de rega, é importante desenvolver modelos que simulam a rega, contribuindo assim para um melhor aproveitamento desta, sobretudo quando a sua disponibilidade tem sido cada vez menor (Sequeira, 2015).

A equação geral do balanço hídrico do solo poderá ser descrita da seguinte forma (Teixeira e Pereira, 1992):

$$\Delta R = (Pe + Vr - ETc + Rg - Es + Ac - Dr) \times \Delta t \quad [3.3]$$

Sendo ΔR (mm) a variação do volume de água armazenado no solo durante o período de tempo Δt (dias). Os volumes afluentes são

Pe – precipitação efetiva (mm/dia)

Vr – volume de água disponibilizado pelo crescimento das raízes (mm/dia)

Rg – rega (mm/dia)

Ac – ascensão capilar (mm/dia)

e os volumes efluentes são

ETc – evapotranspiração cultural (mm/dia)

Es – escoamento superficial (mm/dia)

Dr – perdas por drenagem e percolação profunda (mm/dia)

Durante a realização do balanço hídrico do solo considera-se que a variação do teor de água no solo pode-se dividir em três zonas. Na Figura 3-3, estão representadas estas três zonas (Teixeira, 1991):

- **Zona de saturação**, em que a água não é imediatamente utilizável, acima da capacidade de campo.
- **Zona de rendimento máximo**, em que o volume de água estando facilmente disponível na zona radicular não prejudica o rendimento da cultura, ou seja, considera-se que a cultura se desenvolve em condições ótimas.
- **Zona de carência hídrica** existem forças de retenção que dificultam a extração da água pela planta.

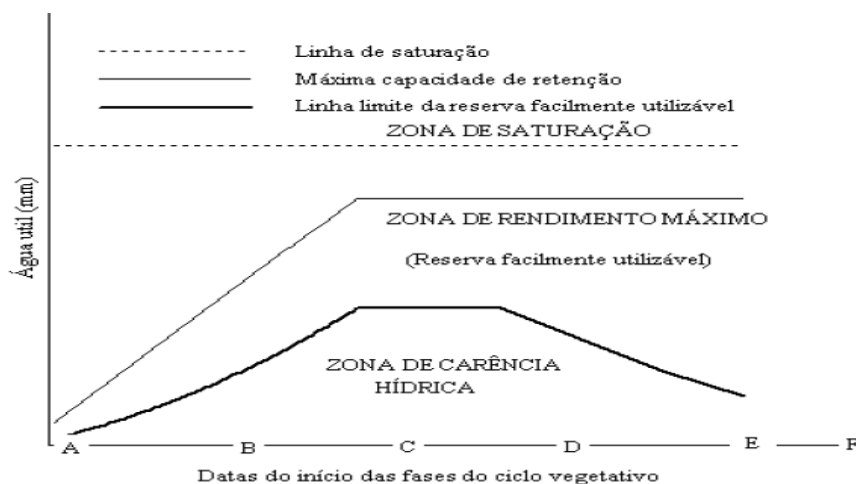


Figura 3-3. Delimitação das zonas de rendimento máximo e de carência hídrica (Teixeira, 1991)

Na Figura 3-3 a curva superior representa o volume máximo de água que pode ser armazenado com boas condições de arejamento junto das raízes e coincide com a curva que traduz a variação da RU. A curva intermédia representa o volume mínimo, a partir do qual se verifica a quebra de rendimento e coincide com a curva que traduz a variação do limite da reserva facilmente utilizável (LRFU). A reta horizontal (inferior) indica ausência de água disponível para as plantas quando o teor de humidade do solo iguala o seu coeficiente de emurchecimento permanente (Teixeira,1991).

3.3. Modelo ISAREG

O ISAREG é um modelo de simulação do balanço hídrico do solo destinado entre outras aplicações a estabelecer programas de calendarização da rega para uma dada combinação de solo-clima-cultura (Teixeira e Pereira, 1992). Para a simulação das necessidades de rega para cada um dos cenários climáticos considerados utilizou-se o programa ISAREG (Figura 3-4). Este programa permite (Teixeira, 1991):

- Programar a rega, isto faz-se calculando o dia e o volume de cada rega, a quebra de produção se eventualmente a cultura esteve em stress hídrico e o caudal fictício contínuo. O volume total de rega obtido nestas condições designa-se por necessidades efetivas de rega;
- Determinar as necessidades globais de rega;
- Avaliar um determinado calendário de rega;
- Definir os parâmetros de projeto a partir do cálculo das necessidades de rega anuais e de caudal de ponta.

Dados necessários para a simulação da rega

Os dados necessários para a simulação das necessidades de rega são os dados de base meteorológicos e agronómicos onde estão incluídos os dados das culturas, dos solos, da evapotranspiração e da precipitação e também os dados relativos às características da rega, que incluem, o esquema de rega, que pode estar sujeito a restrições e eventualmente à ascensão capilar (Teixeira, 1991).

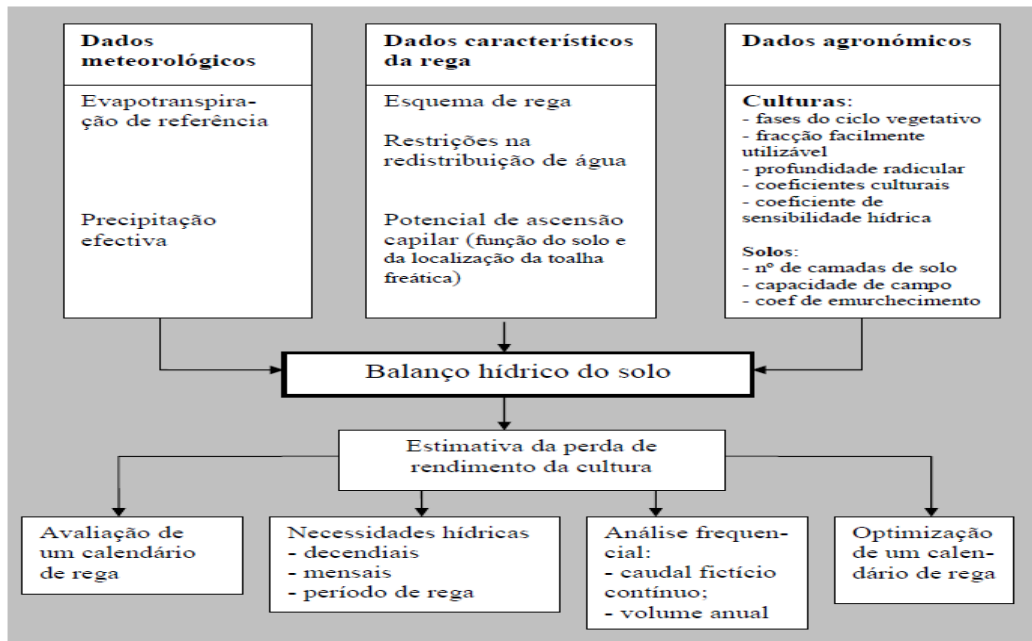


Figura 3-4 Esquema do programa ISAREG (Teixeira, 1991)

Os dados agronômicos, nomeadamente os parâmetros culturais incluem a profundidade do sistema radicular, as fases do ciclo vegetativo, a fração facilmente utilizável, o coeficiente de sensibilidade hídrica, e os coeficientes culturais. Quanto aos parâmetros pedológicos serão consideradas o número de camadas do solo, a sua profundidade, e os respetivos valores da capacidade de campo e do coeficiente de emurchecimento permanente.

Quanto aos dados meteorológicos (precipitação efetiva e a evapotranspiração de referência) pode ser introduzido através de três formas (valores mensais, decendias e diários). Neste trabalho foram considerados valores mensais.

3.4. Eficiência de aplicação do sistema de rega

Tendo em conta a tendência de redução da precipitação devido às alterações climáticas haverá uma diminuição progressiva da disponibilidade da água para rega. Por isso é importante melhorar o uso desta, seja qual for o sistema de rega escolhida pelo agricultor. Um dos parâmetros mais importantes para se avaliar o desempenho de um sistema de rega é a chamada eficiência de rega, que corresponde à razão entre a água que fica efetivamente retida na zona radicular e a quantidade total de água aplicada na parcela pelo sistema de rega (Pereira, 2004; Oliveira, 2011).

Para os diferentes sistemas de rega a sua eficiência pode variar dentro de determinado intervalo, dependendo da qualidade do equipamento, das características locais e da respetiva gestão. Fez-se uma consulta bibliográfica sobre os valores indicativos

das eficiências de rega para diferentes sistemas que são apresentados no Quadro 3-1 (Pereira, 2004; Leão e Morais, 2011).

Quadro 3-1 Valores indicativos da eficiência de aplicação para diferentes sistemas de rega (adaptado de Pereira, 2004)

Sistemas de rega	Eficiências (%)
Rega de gravidade com nivelamento de precisão	
Sulcos	65 – 85
Faixas	70 – 85
Canteiros	70 - 90
Rega de gravidade tradicional	
Sulcos	65 – 85
Faixas	70 – 85
Canteiros	70 - 90
Rega por aspersão	
Rampas móveis, com pivot central	65 - 85
Sistemas estacionários de cobertura total	65 - 85
Rega localizada	
Gotejadores = 3 emissores/planta	85 – 95
Gotejadores < 3 emissores/planta	80 – 90
Linha contínua de emissores (gota-a-gota)	70 - 90

A partir dos valores do Quadro 3-1, definiram-se as eficiências que serão utilizadas na avaliação da medida de adaptação relativa à melhoria dos sistemas de rega (ver secção 4.3.2).

Na Figura 3-5 apresentam-se as percentagens relativas dos principais métodos de rega que eram utilizados em Portugal, de acordo com os dados disponíveis no recenseamento geral da agricultura 1999 (RGA99), que cobre parte do período de referência (1971-2000) considerado para este estudo (IHERA, 2001).

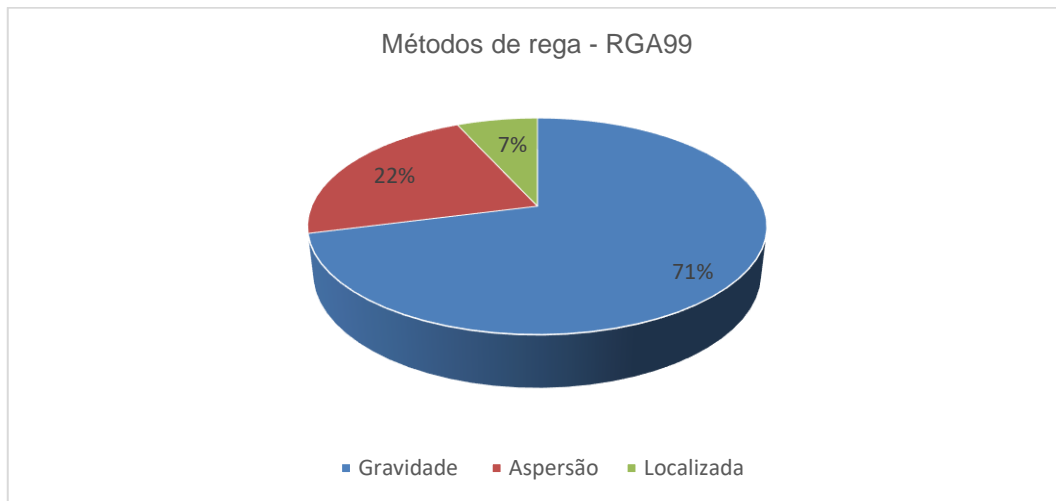


Figura 3-5 Principais métodos de rega utilizados em Portugal, RGA99 (IHERA, 2001).

De acordo com a Figura 3-5 verifica-se que o método de rega mais utilizado no período de referência foi a rega por gravidade, com uma percentagem de utilização de 71 %, sendo seguido da rega por aspersão com uma percentagem de 22% e por fim a rega localizada que era o método menos utilizado nesta época, cerca de 7 %.

3.4.1. Rega por aspersão

Na rega por aspersão a água é fornecida ao solo sob a forma de chuva artificial, sendo esta distribuída às plantas por via de uma tubagem e sob pressão, através de órgãos de distribuição designados de aspersores (Oliveira, 1993).

Um sistema de rega por aspersão é normalmente constituído por:

- Estação de bombagem;
- Conduto principal e secundárias de distribuição;
- Porta-rampas;
- Rampas;
- Sistema de pulverização ou aspersor.

A **estação de bombagem ou sistema de bombagem** tem como principal função elevar a água desde uma fonte de armazenamento que pode ser um furo, uma ribeira ou uma albufeira, até à rede de distribuição, e na mesma circunstância proporcionar pressão suficiente para que os aspersores funcionem nas condições recomendadas pelo fabricante.

Conduto principal e secundárias de distribuição, são responsáveis por transportar a água sob pressão desde o sistema de bombagem até aos porta-rampas, e estas podem ser permanentes ou móveis.

Porta-rampas, consiste na conduta que fornece a água às rampas, a partir da conduta principal ou secundária.

Rampas, têm como função transportar a água desde o porta-rampas até aos órgãos de distribuição (aspersores), também podem ser fixas ou móveis.

Sistema de pulverização ou aspersor, são equipamentos que têm como principal função pulverizar a água e distribuí-la às culturas que se encontram no solo.

3.4.2. Rega localizada

A rega localizada, que inclui a rega gota-a-gota e a rega por microaspersão é uma técnica de aplicação da água apenas numa fração de um terreno cultivado na qual se desenvolvem as raízes das plantas. A rega localizada é hoje em dia muito utilizada a nível mundial, beneficiando diversos tipos de culturas, mas a sua maior utilização verifica-se nas culturas de alto rendimento como é o caso da fruticultura, horticultura, floricultura, culturas em estufas, etc. (Oliveira, 2011).

À semelhança da rega por aspersão, a rega localizada também exige uma rede de condutas principais, condutas secundárias, porta rampas e rampas dispostas sobre o terreno, e os equipamentos a partir do qual a água é aplicado de uma forma lenta e pontual ao solo em zonas previamente fixadas, são chamados de emissores, também conhecidos vulgarmente como gotejadores, colocados equidistantes nas rampas (Pereira, 2004). De acordo com Oliveira (2011), estes emissores funcionam a baixa pressão da ordem dos 20–200 kPa e estão dimensionados para pequenos caudais que variam normalmente entre os 2–12 L/h.

3.4.3. Rega por gravidade

A rega por gravidade é uma técnica de que se dispõe para distribuir a água às plantas pela ação da gravidade no sentido dos pontos de cotas mais baixas, onde a água é conduzida para as cabeceiras de pequenos canais em terra chamados de **sulcos** ou de uma determinada parcela designada de **faixas** e **canteiros** (Oliveira, 1993).

De acordo com Pereira (2004), os **sulcos** e as **faixas** são técnicas de infiltração porque são aplicados volumes de água suficientemente grandes para que esta se escoie sobre o terreno mas suficientemente pequenos para que esta se vá infiltrando enquanto se escoia, deixando a água de estar sobre o terreno após o corte da alimentação. Enquanto que nos **canteiros** se utiliza uma técnica designada de alagamento, visto que a rega se faz inundando rapidamente os canteiros com a dotação pretendida, onde a maior parte da infiltração ocorre depois do corte da alimentação. Também é importante referir que a rega por canteiros é um dos métodos mais utilizados em todo o mundo.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo descrevem-se os diversos passos efetuados ao longo deste trabalho apresentando-se os dados de base, as metodologias utilizadas, assim como as medidas de adaptação definidas.

4.1. Caracterização da região em estudo

4.1.1. Classificação climática

As regiões estudadas foram as regiões de Évora e Lisboa.

O distrito de Évora encontra-se no sul de Portugal e é limitado a norte pelo distrito de Santarém e Portalegre, a leste com a Espanha (província da Estremadura), a sul com o distrito de Beja e a oeste com o distrito de Setúbal, e possui de uma área de 7393 km², sendo o segundo maior distrito Português. (Monte ACE, 2007). A Figura 4-1, mostra a distribuição da precipitação mensal relativa à normal climatológica de 1971-2000 em Évora (IPMA, 2019).

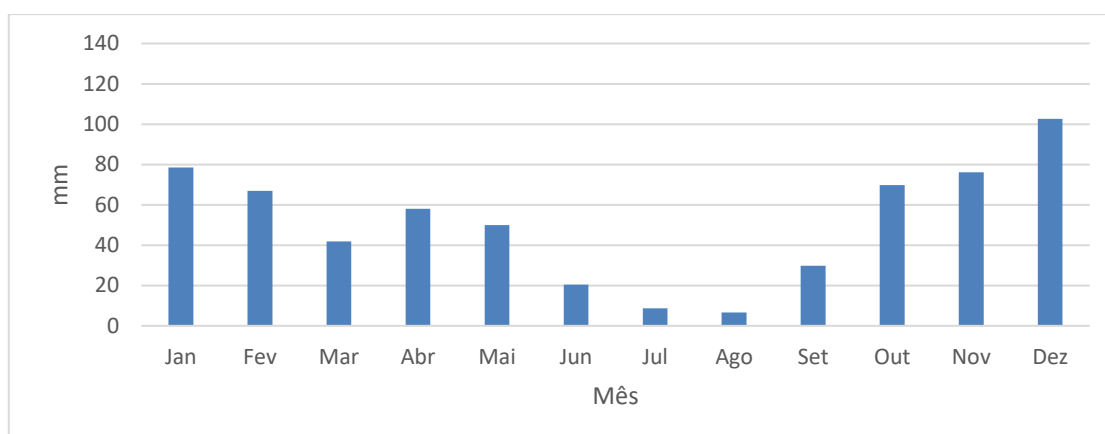


Figura 4-1 Precipitação na região de Évora de 1971-2000 (IPMA, 2019)

Évora apresenta um clima tipicamente mediterrânico, e segundo a classificação de Köppen-Greiger (Beck et al., 2018) designa-se por Csa (clima temperado com Verão quente e seco), com precipitação distribuída ao longo do ano de forma desigual (Figura 4-1), em que se observa uma elevada concentração da precipitação na estação fria, que alterna com uma quase ausência de precipitação nos meses mais quentes (junho a agosto). O valor da precipitação média anual neste período foi de 611 mm.

A Figura 4-2, apresenta o padrão da evolução, ao longo do ano, dos valores médios das temperaturas média, máxima e mínima, para Évora, no período de 1971-2000 (IPMA, 2019).

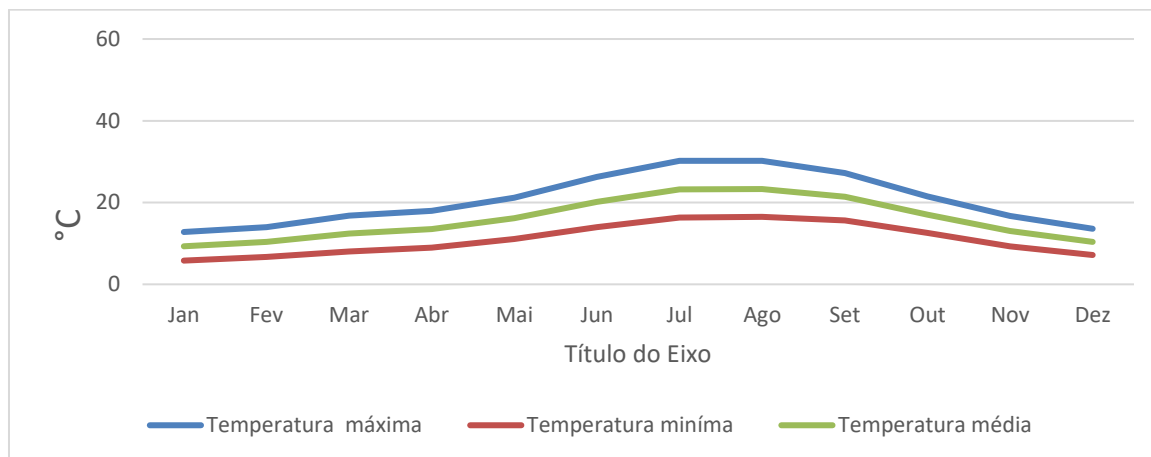


Figura 4-2 Temperatura média, mínima e máxima do ar na região de Évora de 1971-2000 (IPMA, 2019)

Verifica-se que a média anual das temperaturas máximas e mínimas é de 20 °C e 9,9 °C, respetivamente. Os valores das temperaturas máximas variam entre os 33 °C no mês de julho e os 15 °C no mês de janeiro e as mínimas têm os valores mais baixos nos meses de janeiro e fevereiro e mais elevadas nos meses de julho e agosto.

O distrito de Lisboa é um dos mais pequenos de Portugal com uma área de 2761 km², e está limitado a norte com o distrito de Leiria, a leste com Santarém a sul com o distrito de Setúbal e a oeste com o oceano Atlântico e tem cerca de dois milhões de habitantes nos seus 26 municípios (Marques, 2007). Na Figura 4-3, apresenta-se a evolução da precipitação em Lisboa no período de 1971-2000, sendo o valor da precipitação média anual neste período de 726 mm (IPMA, 2019).

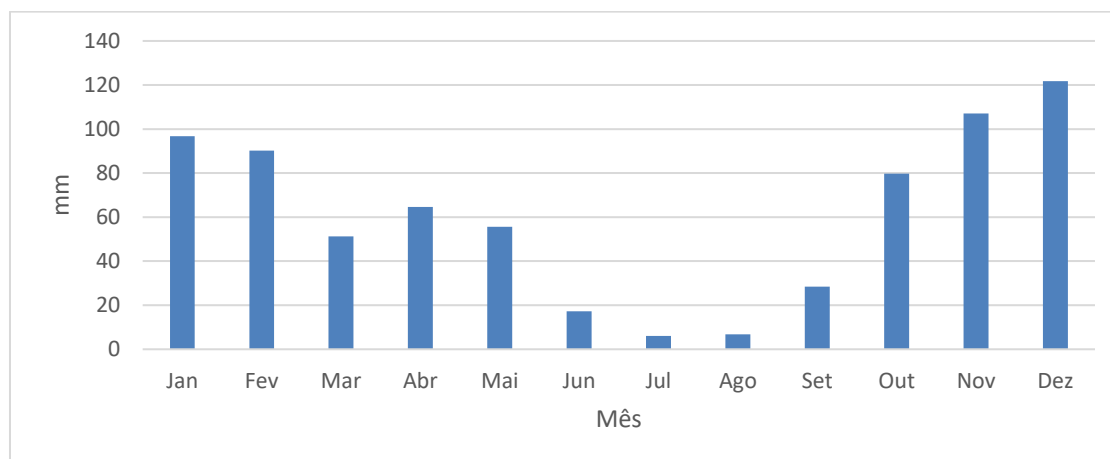


Figura 4-3 Precipitação na região de Lisboa de 1971-2000 (IPMA 2019)

Segundo a classificação de Köppen, Lisboa apresenta clima do tipo Csb (clima temperado com Verão seco e suave) (IPMA, 2019). Através da análise da Figura 4-3, correspondente à região de Lisboa, constata-se que a precipitação se concentra durante o outono e inverno com o mês de dezembro a ser o mais chuvoso. É também visível que na época de verão chove muito pouco. A Figura 4-4, apresenta a variação da temperatura do ar no período de 1971-2000 na região de Lisboa.

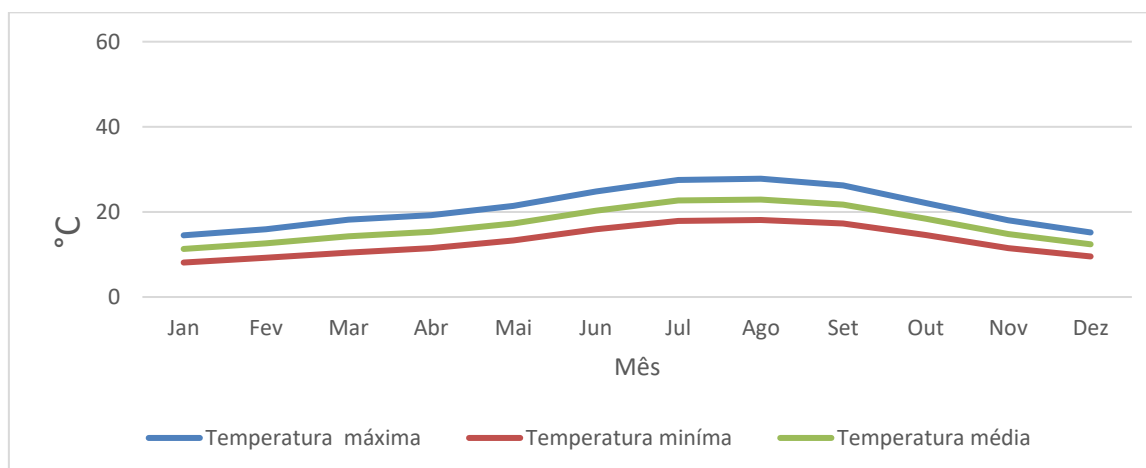


Figura 4-4 Temperatura média, mínima e máxima do ar na região de Lisboa de 1971-2000 (IPMA, 2019)

A média anual da temperatura máxima e mínima do ar em Lisboa, é de 20 °C e 12,5 °C, respetivamente. As mínimas variam entre os 8 °C (janeiro) e os 15 °C (agosto) e as temperaturas máximas entre os 15 °C (janeiro) e os 30 °C (agosto).

4.1.2. Solos dominantes

O Quadro 4-1 apresenta os solos predominantes nas regiões de Évora e Lisboa, bem como as suas características. De acordo com Cardoso (1965) os solos mais representativos para a região de Évora são os solos mediterrâneos pardos de quartzodioritos (Pmg), e os solos dominantes em Lisboa são os barros castanho-avermelhados não calcários (cb).

Quadro 4-1 Principais características dos solos barros castanho-avermelhado não calcários (cb) e mediterrâneos pardos de quartzodioritos (Pmg), respetivamente de Lisboa e Évora (Adaptado de Cardoso, 1965).

Sub-ordem dos solos	Nº camadas	Profundidade camada (cm)	CC (g/g)	CE (g/g)	Densidade aparente (g cm ⁻³)
Barros castanhos-avermelhados (cb)	1	78	32,4	12,8	1,30
Mediterrâneos pardos (Pmg)	1	60	18,7	6,7	1,39

CC – capacidade de campo; CE – coeficiente de emurchecimento.

4.1.3. Culturas

Para cada uma das regiões em estudo selecionaram-se duas culturas que se consideram mais representativas para o período de referência (1971–2000). Para os cenários de AC mantiveram-se as mesmas culturas, assumindo-se um cenário de manutenção do padrão cultural, que se irão avaliar medidas de adaptação que visam manter a produção das culturas atuais, alterando/melhorando apenas as tecnologias de produção. No Quadro 4-2 apresentam-se as culturas escolhidas bem como as respetivas datas das sementeiras /plantação.

No caso da cultura da alface optou-se por fazer uma sequência de cultura, devido ao seu ciclo ser muito curto, o que leva a que normalmente se faça mais do que uma campanha por ano (neste caso três). Assim sendo, a primeira data da sementeira será a 1 de fevereiro, a segunda a 28 de março e a última a 22 de maio.

Quadro 4-2 Datas de sementeira/plantação para as culturas selecionadas para regiões de Évora e Lisboa para o período de referência

	culturas	Data da sementeira (1971-2000)
Évora	Milho	4 de maio
	Vinha	1 de abril
Lisboa	Tomate	1 de maio
	Alface (sequência)	1/fevereiro, 28/março, 22/maio

4.2. Cenários de alterações climáticas

A descrição dos cenários de alterações climáticas considerados neste trabalho inicia-se com a apresentação dos dados climáticos observados nas estações de Évora e Lisboa (1971-2000), seguidos dos dados produzidos pelos modelos RCM (2071-2100), relativos às anomalias dos diferentes cenários RCP, e das séries climáticas perturbadas que foram construídas para cada um dos cenários climáticos considerados.

4.2.1. Dados das estações meteorológicas

Para a realização deste trabalho consideram-se os dados climáticos observados nas estações meteorológicas de Évora (Alto Alentejo) e Lisboa (Região Metropolitana de Lisboa), pertencentes ao IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera). Os dados referem-se ao período de 1971–2000 que é o período de referência utilizado neste estudo, e têm um passo de tempo mensal.

A estação meteorológica de Lisboa tem como coordenadas geográficas latitude: 38° 43' N, longitude: 09° 08' W e altitude: 77 m, sendo a altura do anemómetro acima do solo de 10 m. A estação de Évora situa-se à latitude: 38° 34' N, longitude: 07° 54' W e altitude: 309 m, sendo a altura do anemómetro acima do solo de 22,9 m. Os dados observados são utilizados para definir o período de referência (1971–2000), com o qual se compararão os cenários de AC projetados para 2071–2100, usando os cenários RCP 4.5, menos severo, e RCP 8.5, mais severo, para as duas regiões. As variáveis meteorológicas consideradas foram as que são necessárias para o cálculo da evapotranspiração de referência, através do método de H-S, e à realização do balanço hídrico do solo: T_{max} , T_{min} e precipitação. Não foi possível utilizar o método FAO-PM, pois não se dispunha das restantes variáveis meteorológicas necessárias.

4.2.2. Dados dos modelos climáticos RCM

Consideram-se os dados dos cenários de alteração climática produzidos por modelos regionais (RCM), sendo estes obtidos através do portal do clima, pertencente ao IPMA. Este portal (<http://portaldoclima.pt/pt/>), apresentado na Figura 4-5 é uma plataforma web que disponibiliza dados de AC para Portugal.

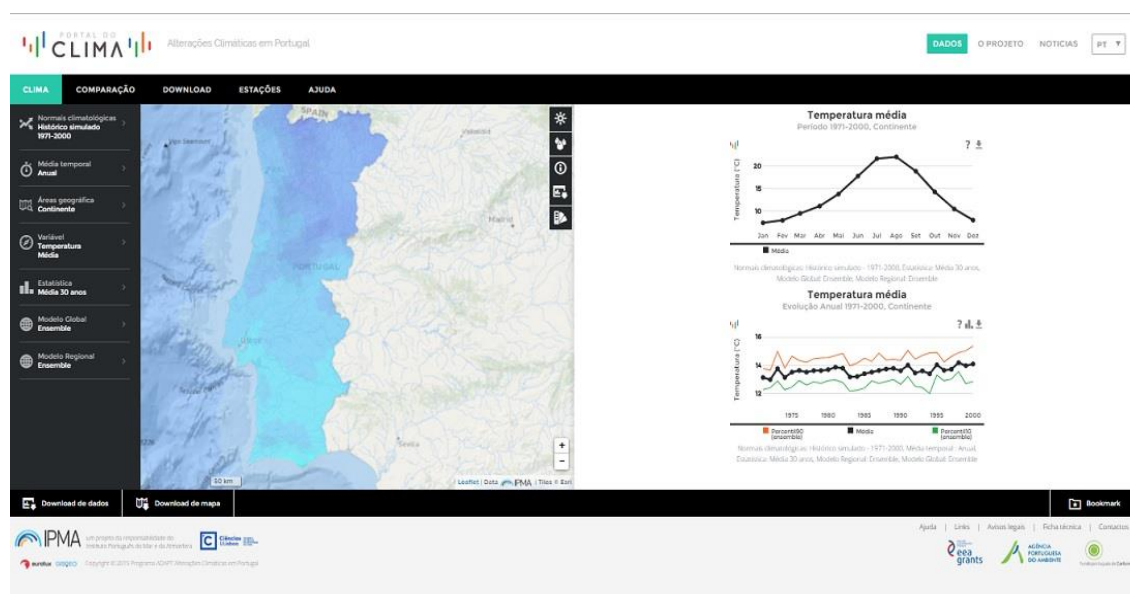


Figura 4-5 Portal do clima (Fonte: <http://portaldoclima.pt/pt/#>)

O modelo climático regional escolhido para a obtenção dos dados foi o “modelo *Ensemble*,” que corresponde a uma média de vários modelos RCM. Os cenários climáticos considerados correspondem a cenários distintos de evolução das emissões de GEE, dos quais um menos gravoso (RCP 4.5), correspondente a uma evolução socioeconómica que

controla o aumento das emissões e, outro mais gravoso (RCP 8.5), que resulta num crescimento contínuo das emissões durante o século XXI (Pires *et al.*, 2018).

Os RCPs (*Representative Concentration Pathways*) envolvem quatro cenários possíveis: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5, por ordem crescente de gravidade dos níveis de concentrações de GEE. Foram considerados os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 disponibilizados pelo portal do clima e adotaram-se as séries de dados com um passo de tempo mensal.

4.2.3. Anomalias climáticas

O método escolhido para gerar as séries climáticas relativas aos cenários de AC futuros, para o período de 2071-2100 foi a perturbação das séries históricas observadas em estações meteorológicas, das regiões de Évora e Lisboa, com as anomalias produzidas pelos modelos RCM para cada um dos cenários RCP considerados (Ruiz-Ramos *et al* 2015). As anomalias climáticas foram obtidas através do portal do clima tendo-se optado pelo modelo *Ensemble* pois corresponde a uma média de vários modelos o que permite reduzir a incerteza associada às projeções do clima futuro.

Com os dados das séries históricas observadas fez-se a perturbação das variáveis temperatura e precipitação para as duas regiões, com o recurso as anomalias climáticas obtidas para cada cenário considerado. Para fazer a correção da variável temperatura e precipitação, utilizou-se o método *Delta Change* que é utilizado com muita frequência em estudos de avaliação dos impactos das AC (Mourato, 2009., Rolim, 2013., Sunyer *et al*, 2014).

Para a variável precipitação utiliza-se a seguinte equação (Mourato, 2009, Rolim, 2013):

$$P_{cenário} = P_{obs} \times \frac{P_{RCM_{cenário}}}{P_{RCM_{referência}}} \quad [4.1]$$

onde:

$P_{cenário}$ – Precipitação mensal corrigida para os cenários de AC (mm);

P_{obs} - Precipitação mensal observada relativa ao período de referência (mm);

$P_{RCM_{cenário}}$ – Precipitação mensal simulada pelo modelo RCM relativa aos cenários de AC (mm);

$P_{RCM_{referência}}$ – Precipitação mensal simulada pelo modelo RCM para o período de referência (mm).

As temperaturas máxima e mínima foram corrigidas de acordo com a seguinte equação:

$$T_{cenário} = T_{obs} + (T_{RCMcenário} - T_{RCMreferência}) \quad [4.2]$$

onde:

$T_{cenário}$ - Temperatura mensal corrigida relativa aos cenários de AC (°C);

T_{obs} - Temperatura mensal observada relativa ao período de referência (°C);

$T_{RCMcenário}$ - Temperatura mensal simulada pelo modelo RCM relativa aos cenários de AC (°C);

$T_{RCMreferência}$ - Temperatura mensal simulada pelo modelo RCM para o período de referência (°C).

Os fatores mensais de correção, utilizados no método *Delta Change*, correspondem a fatores multiplicativos para a precipitação, para se manter inalterado o número de dias com chuva num dado ano, e a fatores aditivos no caso da temperatura do ar (Mourato,2009; Rolim, 2013).

4.2.4. Séries climáticas observadas e perturbadas

Os dados observados assim como as séries climáticas de AC obtidas através da perturbação das séries de dados observados (1971-2000), registadas nas estações meteorológicas de Évora (Alto Alentejo) e Lisboa (Região Metropolitana de Lisboa) com os valores das suas anomalias mensais dos cenários de alterações climáticas (RCP 4.5 e RCP 8.5), servem como dados meteorológicos de entrada no programa ISAREG, para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) e para a simulação do balanço hídrico do solo.

Após a construção das séries perturbadas (corrigidas) definiram-se três cenários climáticos, cenário de referência, cenário RCP 4.5 e cenário RCP 8.5, para as respetivas regiões. A evapotranspiração de referência foi calculada através do programa ISAREG, tendo-se utilizado as variáveis, temperatura máxima e temperatura mínima. As temperaturas máxima e mínima, juntamente com a precipitação foram guardadas num ficheiro de texto para cada cenário climático e região. Em seguida fez-se a construção do ficheiro `_EVC` para o período de referência, e cenários futuros referente às duas regiões e calculou-se a ET_o. O ficheiro `_EVC` é um ficheiro de texto que contém as características das estações meteorológicas como por exemplo a latitude, altitude, altura do anemómetro, tipos de dados (diário, mensal), nome do ficheiro da estação, etc. Este ficheiro guarda as indicações necessárias para que o programa faça a leitura do ficheiro com os dados das estações e calcule a ET_o.

Sabendo os valores mensais das variáveis meteorológicas, evapotranspiração de referência (ET_o) e precipitação (P), para o período de referência (1971–2000) e para as séries relativas aos cenários de AC, podem-se estimar as necessidades de rega relativas a cada um dos cenários através da simulação do balanço hídrico do solo, de acordo com os dados dos solos e das culturas selecionadas, que caracterizam as respetivas regiões.

4.3. Medidas de adaptação propostas

O aumento da temperatura como consequência das alterações climáticas já se faz notar, e levará a um aumento das necessidades de rega das culturas caso se mantenham inalteradas as épocas de crescimento atuais.

Propõem-se duas medidas de adaptação que visam, de uma forma geral, preservar a produtividade das culturas e reduzir as necessidades de rega, conduzindo a uma poupança de água, para as regiões de Évora e Lisboa. De acordo com Braga e Pinto, (2009), as medidas de adaptação são vistas como formas diretas de combate às alterações climáticas devendo ser desenvolvidas aos níveis regional e local.

A primeira medida de adaptação a estudar será à alteração da data de sementeira, que consiste em antecipar as datas das sementeiras das diferentes culturas escolhidas, de forma a que estas diminuam a sua exposição ao período de temperaturas mais elevadas e de menor precipitação, ou seja de maior stress hídrico, com o objetivo de reduzir os impactos nas necessidades de rega e no potencial produtivo da cultura (**Medida 1**).

A segunda medida proposta consiste em melhorar as tecnologias de rega visto que a agricultura de regadio sofrerá um aumento das necessidades de água para rega, ao mesmo tempo que terá uma menor disponibilidade desta em virtude das reduções projetadas nos valores da precipitação. Assim sendo, será necessário aumentar a eficiência da rega através da adoção de melhores tecnologias de rega. Fazendo uma melhor gestão da água poderá permitir que a cultura complete o seu ciclo sem sofrer stress hídrico evitando assim perdas de produção (**Medida 2**). Estas duas medidas de adaptação contribuem para o mesmo objetivo que é a poupança de água na agricultura de regadio.

4.3.1. Medida de adaptação 1: Alteração da data da sementeira

Como foi referido no Capítulo 1, o objetivo desta dissertação é propor e avaliar medidas de adaptação relativas à gestão da rega, face aos impactos projetados na agricultura de regadio devido às alterações climáticas. Uma dessas medidas consiste em antecipar as datas das sementeiras em um mês. No Quadro 4-3 apresentam-se as novas datas das culturas selecionadas que podem ser comparadas com os valores do período de referência no Quadro 4-2.

Quadro 4-3 Datas de sementeiras/plantação antecipadas em um mês para as culturas selecionadas para as regiões de Évora e Lisboa.

	culturas	Data da sementeira Antecipada
Évora	Milho	4 de abril
	Vinha	1 de março
Lisboa	Tomate	1 de abril
	Alface (sequência)	1/janeiro, 28/fevereiro., 22/abril

4.3.2. Medida de adaptação 2: Aumento da eficiência de rega ao nível da parcela

As necessidades globais de rega, conhecidas pela sigla GIWR, para uma determinada cultura, estão dependentes da forma como se aplica a água, ou seja, do método e sistema de rega utilizado para fazer o transporte e distribuição da água da sua origem até ao seu destino final, neste caso as culturas (Pereira, 2004). Conhecendo a eficiência de aplicação (e_f) de um determinado sistema de rega e as necessidades efetivas de rega de uma determinada cultura (IWR), pode-se calcular as necessidades brutas ou globais de água de rega (GIWR), através da seguinte expressão:

$$GIWR = \frac{IWR}{e_f} \quad [4.3]$$

onde:

GIWR: Necessidades globais de rega (mm)

IWR: necessidades efetivas de rega (mm)

e_f : eficiência global de rega (%) ($e_f/100$)

As eficiências correspondentes à segunda medida de adaptação são apresentadas no Quadro 4-4.

Quadro 4-4 Eficiência de rega considerados para os diferentes sistemas de rega utilizada na segunda medida de adaptação.

	Cultura	Período de 1971–2000		Cenários de melhoria das tecnologias de rega (2071–2100)	
		Sistema de rega	Eficiência (%)	Sistema de rega	Eficiência (%)
Região de Lisboa	Tomate	Sulcos	65	Gotejadores	90
	Alface	Aspersão	65	Aspersão	85
Região de Évora	Milho	Aspersão	65	Aspersão	85
	Vinha	Gotejadores	80	Gotejadores	90

Nesta medida comparar-se-ão dois cenários. O primeiro será manter a eficiência de rega do período de referência, ou seja, corresponde à manutenção da tecnologia de rega sem alterações. O segundo cenário corresponde a melhorar a tecnologia de rega utilizada visando a maximização da eficiência de rega. Estas duas opções serão consideradas para os dois cenários de AC, avaliando-se o seu impacto nas necessidades globais de rega.

4.4. Modelação do balanço hídrico do solo

A determinação das necessidades de água para rega, para os diferentes cenários climáticos, foi efetuada a partir do balanço hídrico do solo, levando em consideração os parâmetros dos solos das duas regiões em estudo e as respetivas culturas regadas. Para o efeito foi utilizado o programa ISAREG.

4.4.1. Ficheiros de entrada e saída do modelo ISAREG

Para o cálculo de balanço hídrico do solo, é necessário construir previamente os ficheiros com os dados agronómicos, solo e culturas, e os ficheiros com os dados meteorológicos, evapotranspiração de referência e precipitação efetiva, para cada uma das duas regiões em estudo. Assim sendo é preciso construir uma base de dados onde estarão os códigos que serão reconhecidos pelo programa ISAREG.

Dados de entrada (“input”)

As informações essenciais a fornecer ao modelo ISAREG são:

- Dados meteorológicos: precipitação efetiva (Pe) (mm), evapotranspiração de referência ETo (mm) ou então os dados climáticos necessários para o cálculo da ETo;
- Dados culturais referentes às datas das fases do ciclo cultural: fração facilmente utilizável, coeficiente de sensibilidade hídrica, coeficientes culturais e a profundidade radicular;
- Dados das características pedológicas, referentes às diversas camadas do solo: profundidade, valores da capacidade de campo e coeficiente de emurchecimento permanente de cada camada;
- Dados correspondente à ascensão capilar;
- Dados sobre as opções de rega (Esquema de rega);
- Dados sobre as restrições de água, referentes às restrições impostas ao esquema de rega utilizado nas simulações.

Dados de saída “output”

O modelo ISAREG, a partir da simulação do balanço hídrico do solo, determina o volume de água necessário para a rega, e também define um calendário de rega mais adequado para uma determinada cultura.

Com base nos dados de “input,” utilizou-se o programa ISAREG para fazer simulações referente ao período de referência e aos cenários futuros (cenário RCP 4.5 e RCP 8.5), tendo em conta as duas medidas de adaptação referidas anteriormente. Os ficheiros de saída são os cenários observados_SAI, RCP 4.5 e 8.5 _SAI (eg. Simulação tomate_SAI).

4.4.2. Dados culturais

Quanto aos dados culturais usados nas simulações, assim como à duração do ciclo cultural, coeficientes culturais e a profundidade radicular das culturas, estes foram retirados da publicação FAO 56 apresentada por Allen *et al.*, (1998).

Para este estudo analisaram-se as culturas do milho e da vinha para a região de Évora e as hortícolas, nomeadamente a cultura do tomate e de alface na região Metropolitana de Lisboa por serem as mais representativas, tanto ao nível das áreas ocupadas como ao nível dos consumos de rega, pois o milho e o tomate são duas culturas muito exigentes quanto às necessidades de rega. O Quadro 4-5 mostra os parâmetros culturais das respetivas culturas selecionadas para este estudo.

Quadro 4-5 Parâmetros culturais do milho, vinha, tomate e alface utilizada para o cálculo do balanço hídrico do solo.

	Região Évora		Região Metropolitana de Lisboa	
	Milho	Vinha	Tomate	Alface (sequência)
Dia Plantação	4	1	1	1; 28; 22
Mês Plantação	5	4	5	2; 3; 5
L _{ini} (dias)	30	30	30	20
L _{dev} (dias)	40	60	40	30
L _{mid} (dias)	50	40	45	15
L _{late} (dias)	30	80	30	10
K _{cini}	0,6	0,3	0,6	0,7
K _{cmid}	1,10	0,7	1,15	1
K _{cend}	0,70	0,45	0,7	0,95
Fração p	0,40	0,50	0,4	0,3
Alt. Max. (m)	2	1,5	0,6	0,3
Prof. Rad. (m)	1	2	0,7	0,5

Fases de desenvolvimento das culturas: L_{ini} - período inicial; L_{dev} – período de crescimento rápido; L_{mid} – período intermédio; L_{late} – período final. Coeficientes culturais: K_{cini} – coeficiente cultural inicial; K_{cmid} – coeficiente cultural médio; K_{cend} - coeficiente cultural final. Alt. Max – altura máxima da cultura; Prof. Rad – Profundidade da raiz.

De forma a garantir a consistência no valor inicial de humidade do solo, entre as diferentes simulações efetuadas, considerou-se que o solo estava à capacidade de campo no dia 1 de fevereiro. Assim sendo, para as culturas que foram instaladas no terreno em datas posteriores, calculou-se o valor da reserva de água no solo, sem rega, desde o dia 1 de fevereiro até à véspera da sementeira.

4.4.3. Esquema de rega

O objetivo de um esquema de rega, é definir o modo como a rega será conduzida definindo-se datas e dotações. Neste trabalho optou-se por manter a reserva de água no solo na zona de conforto hídrico durante todo o ciclo cultural, para todas as culturas exceto a vinha. O Quadro 4-6 mostra o esquema de rega utilizada nas simulações das diferentes culturas selecionadas.

Quadro 4-6 Esquemas de rega utilizados na simulação do balanço hídrico do solo no programa ISAREG.

Cultura	% inicial de RU na zona radical	% inicial de RU nas restantes camadas do solo	Nº de dias antes da colheita, para terminar a rega	Estratégia de rega
Alface	100	70	0	Conforto
Tomate	100	70	15	Conforto
Milho	70	70	15	Conforto
Vinha	70	70	15	60-80% ETc/ETm

Fez-se um esquema de rega visando o conforto hídrico para as culturas da alface, do tomate e do milho com o objetivo de maximizar a produtividade nestas culturas. Para a cultura da vinha optou-se por uma estratégia de rega deficitária, de forma a maximizar a qualidade das uvas para a produção do vinho, sem comprometer o rendimento.

4.5. Metodologia utilizada

A metodologia usada neste trabalho é apresentada de forma esquemática na Figura 4-6.

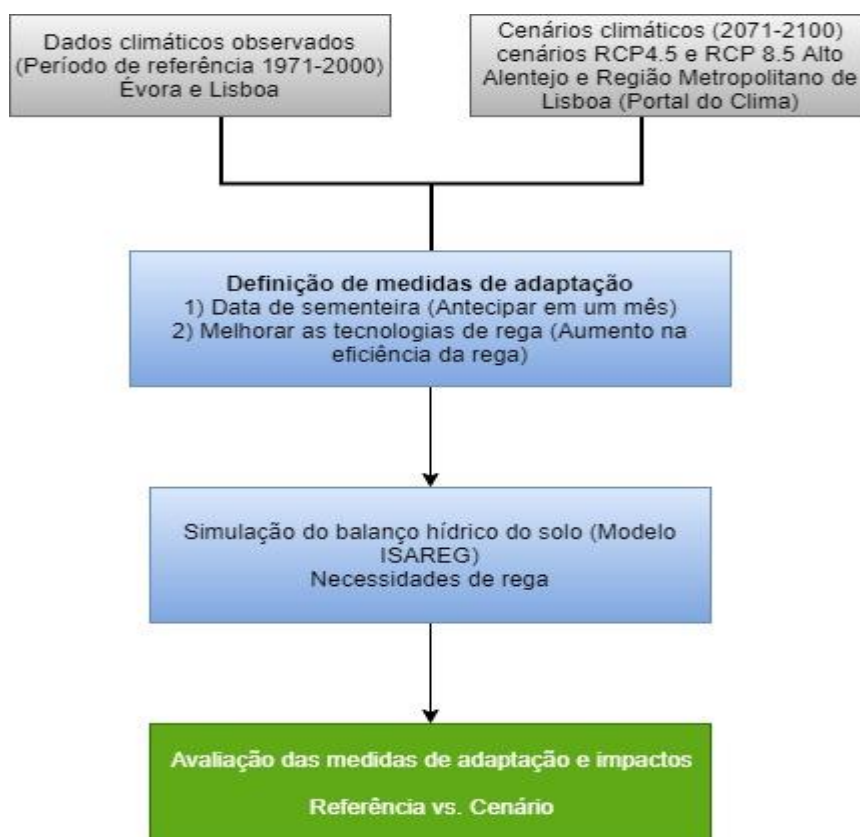


Figura 4-6 Metodologia utilizada para a definição de medidas de adaptação às alterações climáticas, relativas à gestão da rega, e respetiva avaliação.

O presente estudo iniciou-se com a seleção e recolha dos dados dos cenários de alterações climáticas, tendo-se feito a perturbação das séries climáticas observadas com as anomalias dos cenários RCP 4.5 e 8.5. Definiram-se duas medidas de adaptação a avaliar, a antecipação das datas de sementeira e o aumento da eficiência da rega. Tendo por base os cenários climáticos (referência, RCP 4.5 e 8.5) e as medidas de adaptação que foram definidas anteriormente procedeu-se ao cálculo das necessidades de rega, através da simulação do balanço hídrico com o modelo ISAREG. Por último, avaliaram-se os impactos, comparando o cenário de referência com cada um dos cenários de AC e medidas de adaptação consideradas (Figura 4-6).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

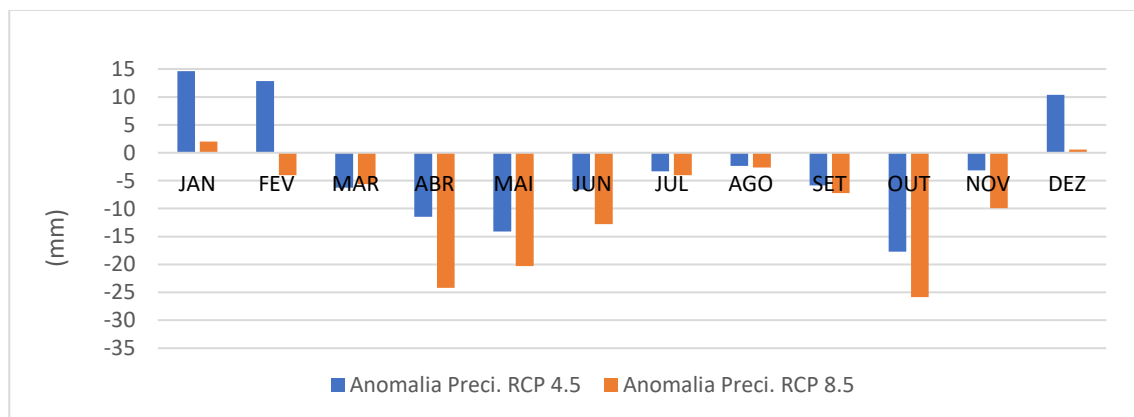
Neste Capítulo apresentam-se, em primeiro lugar, os resultados obtidos relativos aos dados climáticos dos diferentes cenários climáticos (precipitação, temperatura e a evapotranspiração de referência). Em segundo lugar mostram-se os resultados da simulação do balanço hídrico do solo para as duas regiões estudadas. Por último, mostram-se os resultados e faz-se a análise comparativa das medidas de adaptação às AC propostas e avaliam-se os respetivos impactos.

5.1. Cenários climáticos

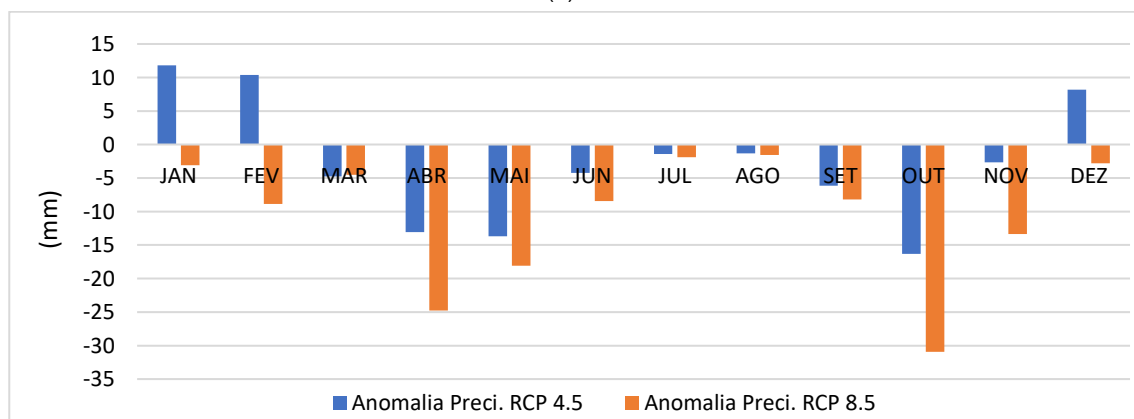
5.1.1. Precipitação

Anomalias da precipitação para a região de Évora e Lisboa

As médias mensais das anomalias da precipitação para as regiões de Évora e Lisboa, obtidas através do portal do clima, são apresentadas na Figura 5-1.



(a) Évora



(b) Lisboa

Figura 5-1 Anomalia da precipitação para os cenários RCP 4.5 e 8.5 (2071-2100) relativamente ao período de referência 1971-2000 para as regiões de a) Évora e b) Lisboa.

Da análise da Figura 5-1, observa-se uma tendência de diminuição da precipitação, relativamente ao período de referência, tanto para Évora como para Lisboa. O mês de outubro é o que apresenta o maior valor da anomalia para ambos os cenários, sendo de -17 mm para o cenário RCP 4.5 e de -26 mm para o cenário RCP 8.5 para Évora e de -16 mm para o cenário RCP 4.5 e de -31 mm para o cenário RCP 8.5 para Lisboa.

Para as duas estações observou-se para o cenário RCP 4.5 anomalias positivas no inverno, e negativas para as restantes estações do ano com os maiores valores de redução de precipitação a verificarem-se nos meses de outubro, abril e maio, o que significa a extensão da estação seca e uma maior concentração da precipitação no inverno. No que toca ao cenário RCP 8.5 as anomalias para além de terem um valor mais elevado, são negativas em todas as estações do ano, em Lisboa e apresentam valores futuros próximo de zero em dezembro e janeiro em Évora o quer dizer que para o cenário RCP 8.5 há uma maior redução da precipitação entre o período de referência e o projetado.

Cenários de precipitação para as regiões de Évora e Lisboa

A precipitação média mensal observada para o período de referência e para os cenários futuros de AC, obtidos através do método *Delta Change* descrito na secção 4.2.3, são apresentadas nas Figura 5-2a para Évora e Figura 5-2b para Lisboa. Ao observar as duas figuras nota-se que há uma diminuição da disponibilidade de água para essas regiões. É de referir que para as duas regiões o cenário RCP 8.5 é o mais gravoso, isto é, o que apresenta maior redução da precipitação. Estas projeções indicam que nos cenários futuros de AC observar-se-á uma redução da precipitação anual, com um aumento da sua concentração durante o Inverno, o que corresponderá a um alargamento e acentuação da estação seca para as duas regiões.

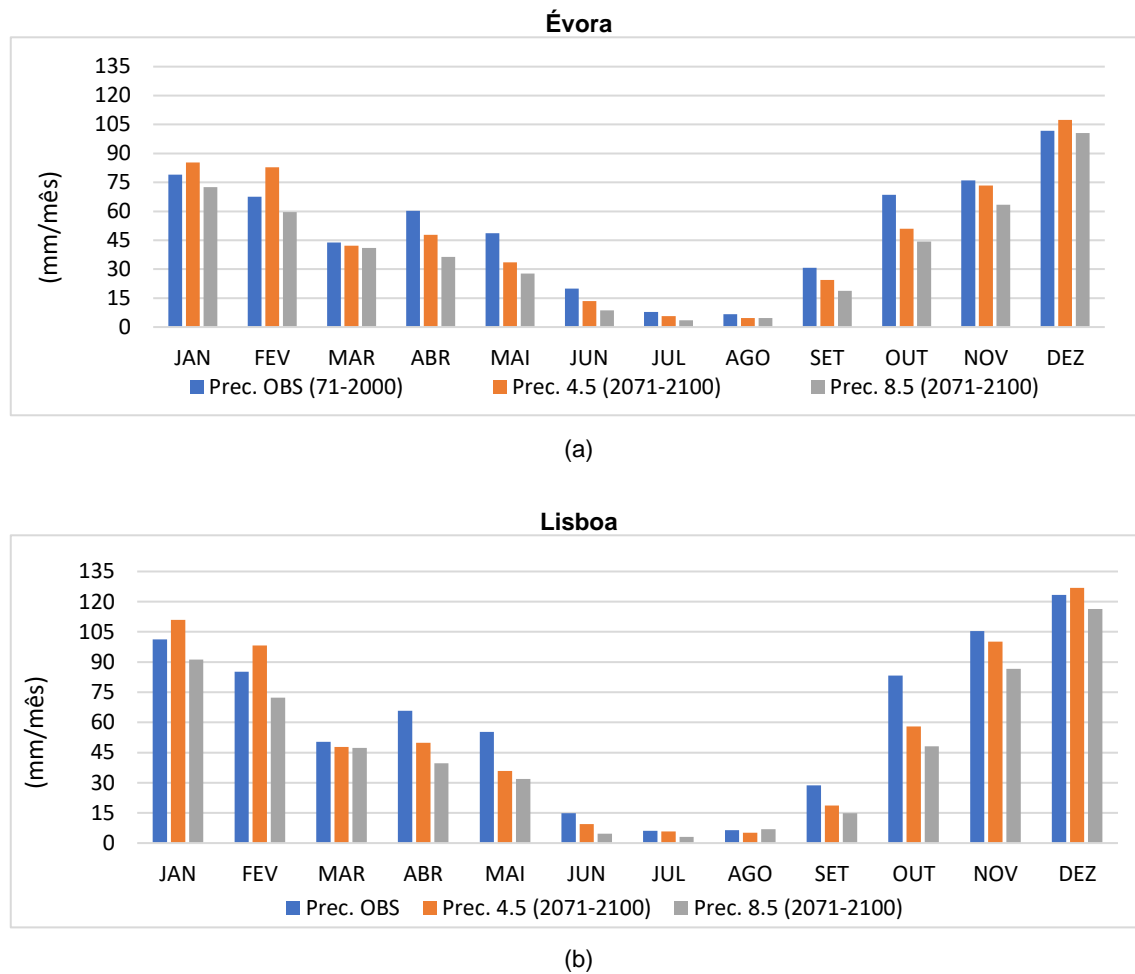


Figura 5-2 Precipitação média mensal comparando o período de referência com os cenários futuros de AC para as regiões de (a) Évora e (b) Lisboa.

Ao analisar a Figura 5-2, verifica-se que no cenário RCP 4.5 nos meses de inverno a precipitação apresenta um valor superior ao período de referência. De acordo com o IPCC (2014) e Miranda *et al.*, (2018) este aumento será acompanhado da ocorrência de precipitações com maior intensidade, mas com um menor número de dias por mês. Para o cenário RCP 8.5 que é o mais gravoso, como já foi referido anteriormente, há uma redução da precipitação durante todo o ano para ambas as regiões. É de salientar que para Évora, apesar de se observar uma anomalia ligeiramente positiva nos meses de Dezembro e Janeiro (Figura 5-1a), para o cenário RCP 8.5, obtém-se na Figura 5-2a valores de precipitação mensal para estes meses inferiores ao período de referência. Este resultado é explicado pelo facto das séries futuras de AC resultarem do efeito conjugado das anomalias e dos valores mensais de precipitação que possuem uma elevada variabilidade e que neste caso resulta numa ligeira redução da precipitação.

Comparando as duas regiões verifica-se que para região de Lisboa a precipitação é maior do que em Évora para ambos os cenários projetados. Caso se verifique o cenário de maior forçamento as reduções na precipitação podem atingir valores

elevados no final do século XXI para as duas regiões. Também é importante referir que devido à precipitação com maior intensidade, durante o inverno, a probabilidade de ocorrência de inundações será cada vez maior para as duas regiões.

5.1.2. Temperatura do ar

Anomalias da temperatura do ar para as regiões de Évora e Lisboa.

A temperatura é outra variável muito importante no que diz respeito às alterações climáticas, porque esta afeta naturalmente todos os seres vivos e todos os sistemas físicos, nesse sentido é importante ter uma especial atenção a esta variável. As médias mensais das anomalias da temperatura para as regiões de Évora e Lisboa, obtidas através do portal do clima, são apresentadas na Figura 5-3.

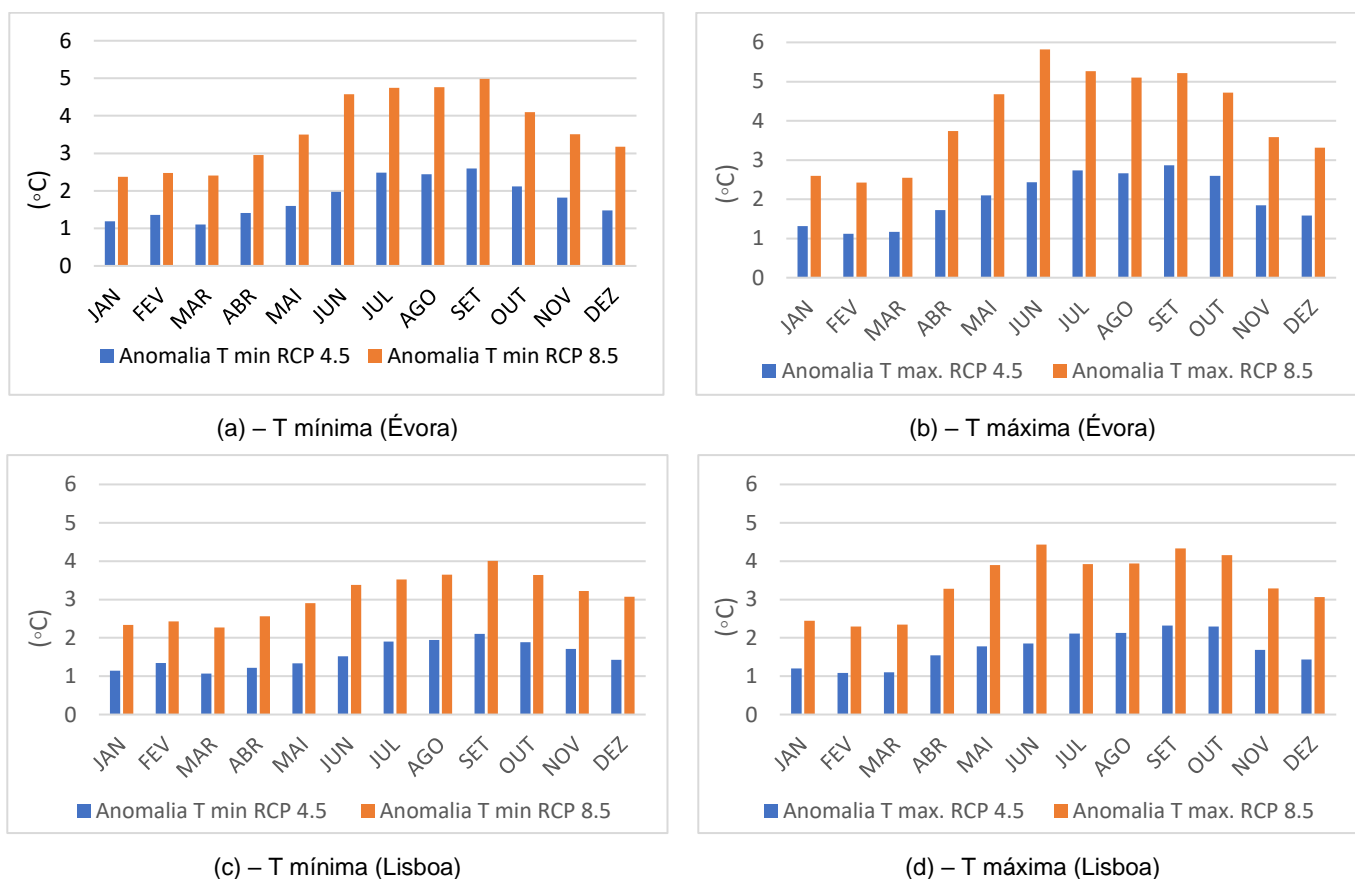


Figura 5-3 Anomalia da temperatura do ar para as duas regiões segundo os cenários RCP 4.5 e 8.5 (2071-2100).

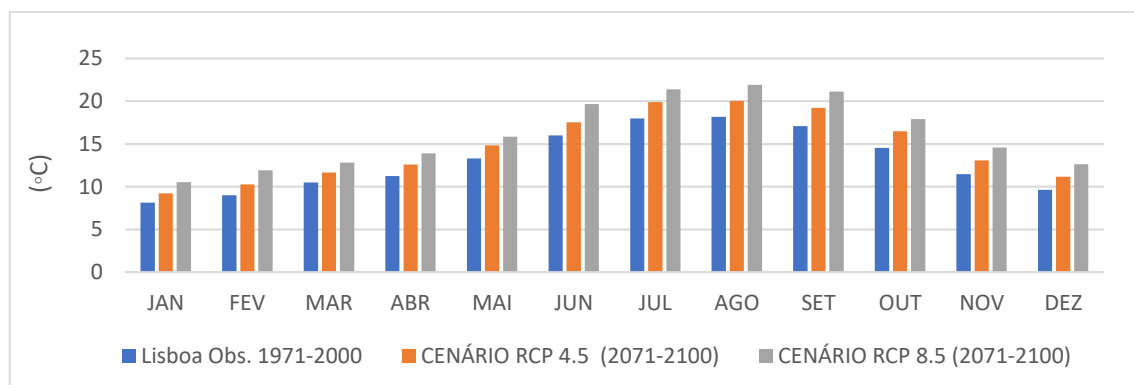
Da observação da Figura 5-3, verifica-se que a tendência é para o aumento da temperatura do ar em todas as estações, tanto para o cenário RCP 4.5 como para o cenário RCP 8.5. Estes aumentos apresentam maiores valores na época de verão tanto para a temperatura mínima como para a temperatura máxima do ar. Devido a esse aumento das

anomalias, esperam-se mais vagas de calor e com maior duração para os dois cenários projetados e para as duas regiões.

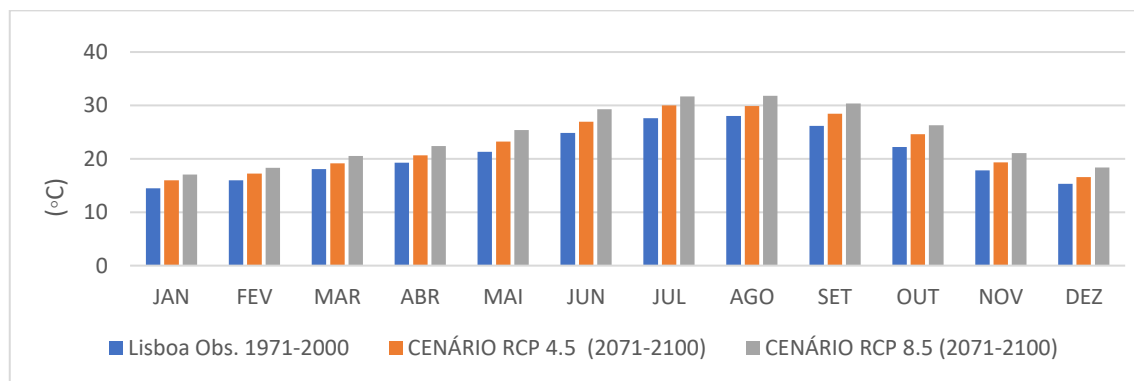
Esta alteração nos padrões de temperatura terá inúmeras consequências no que diz respeito à evolução do setor agrícola, porque afetarão o desenvolvimento das culturas, por exemplo, haverá modificações nas datas de sementeira, plantação e colheita das principais culturas, assim como aumento do consumo da água para rega.

Evolução da temperatura do ar para a região de Lisboa

As médias mensais das temperaturas máxima e mínima observadas em Lisboa para o período de referência e para os cenários futuros de AC, obtidos através do método *Delta Change* descrito na secção 4.2.3. são apresentadas na Figura 5-4.



(a)



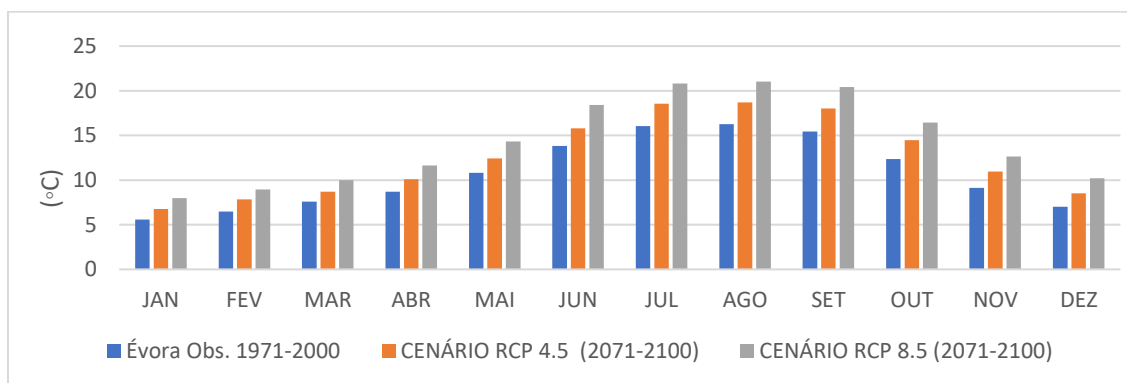
(b)

Figura 5-4 Temperatura mínima (a) e máxima (b) do ar para a região de Lisboa comparando os valores observados com os cenários futuros projetados (cenários RCP4.5 e 8.5).

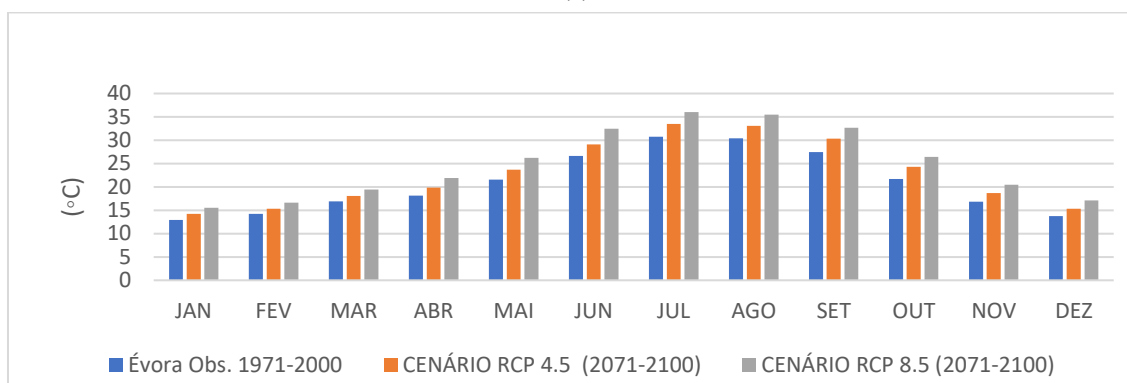
De acordo com a Figura 5-4, as projeções futuras de AC apontam para o aumento da temperatura do ar (mínima e máxima) para a região de Lisboa, em relação ao período de referência (1971–2000). Esse aumento é mais acentuado para o cenário RCP 8.5. Portanto, é de se aguardar alterações importantes nos ciclos das culturas assim como uma maior frequência de duração de ondas de calor para ambos os cenários futuros.

Evolução da temperatura do ar para região de Évora

A Figura 5-5, ilustra a evolução da temperatura mínima e máxima na região de Évora para os diferentes cenários climáticos considerados.



(a)



(b)

Figura 5-5 Temperatura mínima (a) e máxima (b) do ar para a região de Évora comparando os valores observados com os cenários futuros projetados (cenários RCP 4.5 e 8.5).

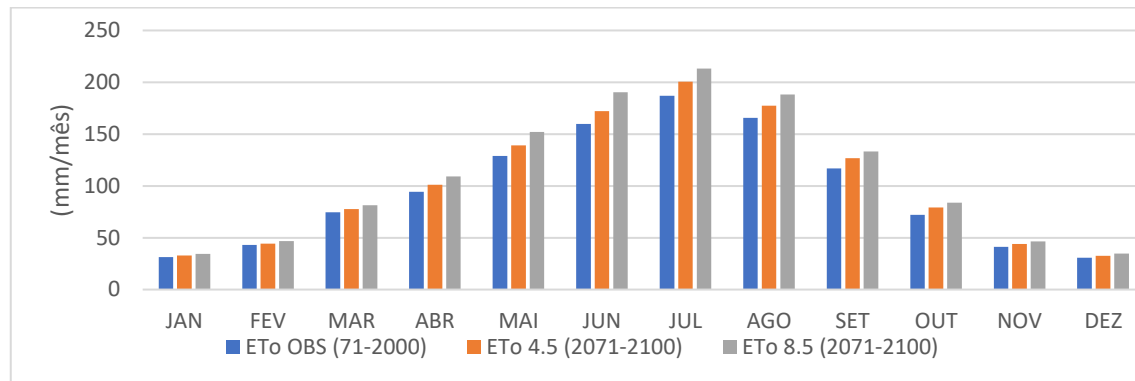
As projeções futuras, considerando os cenários RCP 4.5 e 8.5 indicam um aumento da temperatura do ar (mínima e máxima) para Évora face aos valores médios observados no período de referência (1971–2000). Pode-se referir que o aumento de temperatura do cenário RCP 8.5 é superior à do RCP 4.5 sendo de realçar os valores muito elevados das médias da temperatura máxima obtidos para o cenário RCP 8.5 (>35 °C) em julho e agosto. Também se verifica que os aumentos da temperatura são maiores nos meses de verão.

Para região de Évora verifica-se um aumento das temperaturas mínimas e máximas relativamente ao período de referência, logo é de aguardar no futuro para os dois cenários de AC um aumento das necessidades de regas das culturas e um encurtamento dos seus ciclos de crescimento com redução da produtividade.

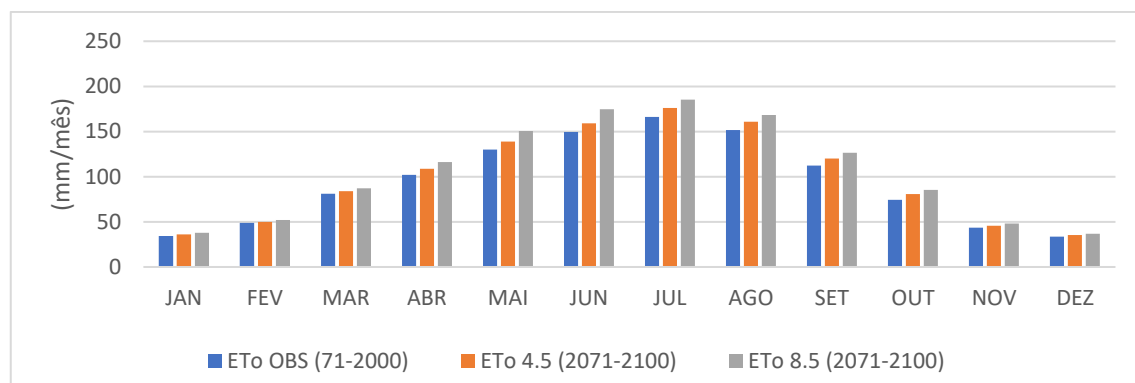
5.1.3. Evapotranspiração de referência

Evolução da evapotranspiração de referência para a região de Évora e Lisboa

Os valores de ETo calculados com a fórmula de Hargreaves–Samani (ver secção 3.1) para os diferentes cenários de AC são representadas na Figura 5-6.



(a) Évora



(b) Lisboa

Figura 5-6 Média mensal da evapotranspiração de referência para o período de referência e os cenários futuros (RCP 4.5 e 8.5) para região de a) Évora e b) de Lisboa.

Da análise da Figura 5-6 verifica-se um aumento da ETo para as duas regiões, em comparação com o período de referência (1971–2000). Esse aumento é mais acentuado no cenário RCP 8.5 por ser o cenário de maior aquecimento global, sendo igualmente de referir que os maiores aumentos de ETo se verificam nos meses de verão (junho, julho e agosto) que correspondem ao período de maior exigência quanto as necessidades de rega.

5.1.4. Comparação das médias anuais de evapotranspiração de referência e precipitação para os diferentes cenários de alterações climáticas para Évora e Lisboa.

A agricultura é uma atividade económica que é muito vulnerável às alterações no clima devido à sua dependência das condições climáticas de cada região. Quando se fala dos impactos das alterações climáticas na agricultura, e nomeadamente nas necessidades de rega das culturas, é importante quantificar as variações nos valores da precipitação e da ETo de uma dada região. No Quadro 5-1, apresentam-se os valores anuais médios da precipitação e evapotranspiração, para os diferentes cenários climáticos, para as duas regiões estudadas.

Quadro 5-1 Médias anuais da evapotranspiração de referência e da precipitação para Évora e Lisboa comparando o período de referência (observados), com os cenários futuros (RCP 4.5 e 8.5).

	Évora					Lisboa				
	Obs.	RCP 4.5	Δ (%)	RCP 8.5	Δ (%)	Obs.	RCP 4.5	Δ (%)	RCP 8.5	Δ (%)
ETo (mm/ano)	1146	1227	+7 %	1313	+15%	1128	1196	+6%	1269	+13%
P (mm/ano)	611	572	- 6%	481	- 21%	726	667	- 8%	553	- 24%

Ao observar o Quadro 5-1 constata-se para a região de Évora uma diminuição da quantidade de precipitação para os cenários de AC, havendo um decréscimo de - 6 % para o cenário RCP 4.5 e de - 21 % para o cenário RCP 8.5, em relação ao período de referência. Ao contrário do que sucede com a precipitação a evapotranspiração é menor no período de referência, em comparação aos cenários futuros. O cenário RCP 4.5, terá um aumento de + 7 %, e o cenário RCP 8.5 de +15 %.

Para Lisboa também se verifica uma redução na precipitação, tendo um decréscimo de - 8 % para o cenário RCP 4.5 e de - 24 % para o cenário RCP 8.5, em relação ao período de referência. Como anteriormente referido a evapotranspiração é maior nos cenários futuros do que no período de referência, com um aumento de + 6 % no cenário RCP 4.5 e de + 13 % no cenário RCP 8.5.

Comparando as duas regiões conclui-se que a precipitação é maior na região de Lisboa do que na região de Évora, mas para ambos os cenários de AC projetam-se a sua diminuição ao longo do tempo. Como foi descrita por Dias *et al.*, (2016) para o final do

século XXI a tendência é para a diminuição da precipitação média anual, podendo variar entre 4% a 51% nesse período.

A evapotranspiração é maior na região de Évora do que em Lisboa, também para os dois cenários em estudo. O aumento da evapotranspiração e consequente redução da precipitação para as duas regiões levantará problemas para as culturas, uma vez que aumenta a probabilidade de ocorrer déficit hídrico com as respetivas quebras na produção, nesse sentido é importante desenvolver soluções de forma a minimizar os impactos de AC na agricultura, nomeadamente através da diminuição das necessidades de água para a rega.

5.2. Modelação das necessidades de rega

A distribuição geográfica das culturas depende das condições edafoclimáticas e das disponibilidades de água para rega. Neste sentido, é fundamental prevenir o impacto esperado em cada combinação de solo-cultura-clima-praticas culturais, tendo em consideração os cenários climáticos mais plausíveis, e desenvolvendo-se medidas de adaptação que permitam aos sistemas de produção agrícola ganhar maior capacidade de resistência e de resposta a um clima mais quente e seco.

O balanço hídrico do solo, para estimar as necessidades de rega para os diferentes cenários climáticos, foi simulado com recurso ao programa ISAREG (ver secção 3.3). No Quadro 5-2, apresentam-se os valores das necessidades hídricas e de rega estimadas para todas as culturas e cenários climáticos considerados mantendo inalteradas as condições de produção do cenário de referência.

Quadro 5-2 Necessidades de rega anuais das culturas para o período de referência (1971–2000) e para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), sem realizar medidas de adaptação.

	Cultura	Cenários	ETc			Volume de rega (mm)		
			Min	Méd.	Max	Min	Méd.	Max
Lisboa	Tomate	Observado	486	539	590	274	386	494
		Cenário 4.5	528	571	619	329	446	552
		Cenário 8.5	546	607	667	329	506	606
	Sequência de Alface	Observado	89	168	258	147	283	382
		Cenário 4,5	93	177	271	235	358	470
		Cenário 8.5	93	190	298	206	416	529
Évora	Milho	Observado	497	556	632	259	423	549
		Cenário 4,5	512	590	689	300	489	628
		Cenário 8.5	555	637	746	348	553	704
	Vinha	Observado	486	564	706	183	334	465
		Cenário 4.5	526	609	701	213	373	502
		Cenário 8.5	545	655	761	256	433	601

Os resultados obtidos demonstram que as necessidades de água para rega das quatro culturas estudadas aumentam consideravelmente para os cenários de AC, para as duas regiões em estudo.

Da observação do Quadro 5-2, verifica-se que para a região de Lisboa quer a cultura do tomate como a da alface, apresentam um aumento da evapotranspiração cultural para ambos os cenários futuros em relação ao período de referência, e este aumento é maior no cenário RCP 8.5 do que no cenário RCP 4.5. As necessidades de rega das culturas também aumentam do período de referência para os cenários futuros. Portanto, há necessidade de aumentar o volume de água para rega, para compensar tanto o aumento das necessidades hídricas como redução da precipitação, para que as culturas possam completar o seu ciclo sem entrar em stress hídrico o que colocaria assim em causa a sua produtividade. Como era expectável é no cenário RCP 8.5 onde se consome uma maior quantidade de água para rega como por exemplo 506 mm para a cultura do tomate e 416 mm para a cultura da alface, na região de Lisboa.

Relativamente à região de Évora os resultados obtidos para os cenários futuros são praticamente idênticos aos descritos para a região de Lisboa, em que há um aumento

da evapotranspiração tanto para a cultura do milho como para a cultura da vinha. Em relação aos valores do período de referência, verifica-se um aumento considerável do volume de água necessária para rega, para que as culturas possam terminar os seus ciclos sobretudo no cenário mais rigoroso (RCP 8.5), onde o consumo é maior, segundo as simulações, 553 mm para cultura do milho e 433 mm para a cultura da vinha. Vários autores (Serralheiro *et al.*, 2009, Valverde *et al.*, 2014, Rolim *et al.*, 2017) concluíram através dos seus estudos, que se pode antecipar para o futuro um aumento das necessidades úteis de rega das culturas, em relação ao período histórico de referência, em concordância com os resultados obtidos neste trabalho.

De acordo com estes resultados verifica-se que no futuro haverá a necessidade de aumentar o volume de água para rega, mas com a diminuição da precipitação tem-se cada vez menos água disponível para satisfazer as necessidades hídricas das plantas. Nesse sentido é importante encontrar medidas de adaptação para reduzir o consumo de água para rega, nomeadamente através da antecipação das datas de sementeira e da melhoria da eficiência. Quanto à procura de água para rega, esta deverá ser superior para a região de Évora do que para a região de Lisboa o que se deve ao facto de a primeira ser mais quente e seca (vd.4.1.1).

5.3. Avaliação das medidas de adaptação

5.3.1. Alteração das datas da sementeira – Medida 1

Os resultados obtidos para a simulação da primeira medida de adaptação, que consiste em antecipar as datas das sementeiras em um mês para as quatro culturas, é apresentada no Quadro 5-3.

Quadro 5-3 Necessidades de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), ao antecipar as datas de sementeiras em um mês (**Medida 1**).

	Cultura	Cenários	ETc			Volume de rega (mm)		
			Min	Méd.	Max	Min	Méd.	Max
Lisboa	Tomate	Observado	486	539	590	284	386	507
		Cenário 4.5	477	522	566	220	348	439
		Cenário 8.5	519	329	635	165	405	494
	Sequência de Alfafa	Observado	89	168	258	171	283	406
		Cenário 4.5	58	142	235	118	224	323
		Cenário 8.5	65	152	263	88	272	353
Évora	Milho	Observado	497	556	632	259	423	549
		Cenário 4.5	449	339	627	214	377	518
		Cenário 8.5	489	367	693	223	439	603
	Vinha	Observado	486	564	706	218	334	467
		Cenário 4.5	491	567	660	154	303	460
		Cenário 8.5	510	612	728	144	361	519

Os resultados obtidos para os cenários de alterações climáticas para a medida de adaptação que consiste na antecipação das datas das sementeiras em um mês apontam para uma redução no consumo de água para rega no futuro para o cenário RCP 4.5 e um ligeiro aumento no cenário RCP 8.5. Da análise do Quadro 5-3 constata-se que a média do volume de água consumida ao antecipar as datas das sementeiras para os cenários futuros (RCP 4.5 e 8.5), são inferiores as obtidas quando se faz a cultura com a estação de crescimento atual (Quadro 5-2). Ao antecipar as datas de sementeira /plantação possibilita de alguma forma ajustar as culturas às novas condições climáticas.

Como a tendência para os próximos anos é para a diminuição da quantidade de água devido às alterações climáticas, esta medida assegura que se o agricultor semear mais cedo, aproveita a temperatura mais favorável e aumenta as hipóteses das culturas reduzirem o stress hídrico a que estão sujeitas, diminuindo a possibilidade de ocorrer quebras de produção.

Evolução das necessidades efetivas de rega comparando as datas atuais da sementeira e as datas antecipadas

A Figura 5-7 descreve a evolução das necessidades efetivas de rega para a cultura do tomate e da alface, comparando as datas atuais de sementeira e as datas antecipadas para a região de Lisboa. Ao antecipar a sementeira consegue-se reduzir as necessidades líquidas de rega, para o cenário RCP 4.5, assim como limitar o seu aumento no cenário mais rigoroso (cenário RCP 8.5). A cultura do tomate semeada nas datas normais apresenta um consumo de água para rega de 446 mm para o cenário RCP 4.5 e de 506 mm para o cenário RCP 8.5, enquanto que ao semear um mês mais cedo se verifica que há uma redução das necessidades líquidas de rega com valores de 348 mm para o cenário RCP 4.5 e 405 mm para o cenário RCP 8.5.

A figura 5-7b descreve a evolução das necessidades líquidas de rega para a cultura de alface, que também apresenta um comportamento idêntico à cultura do tomate, onde se consegue reduzir o consumo da água antecipando as datas de sementeira. Da observação da figura 5-7b, verifica-se que antes da antecipação das datas, o volume de água que se gasta para a cultura de alface varia entre 358 mm e 416 mm para os cenários RCP 4.5 e 8.5 respetivamente. No entanto ao antecipar as datas consegue-se reduzir estes valores tanto para o cenário RCP 4.5 (224 mm) como para o cenário RCP 8.5 (272 mm). É importante referir que no cenário mais rigoroso (RCP 8.5) consegue-se reduzir o consumo de água para rega na alface, mas com uma maior variabilidade.

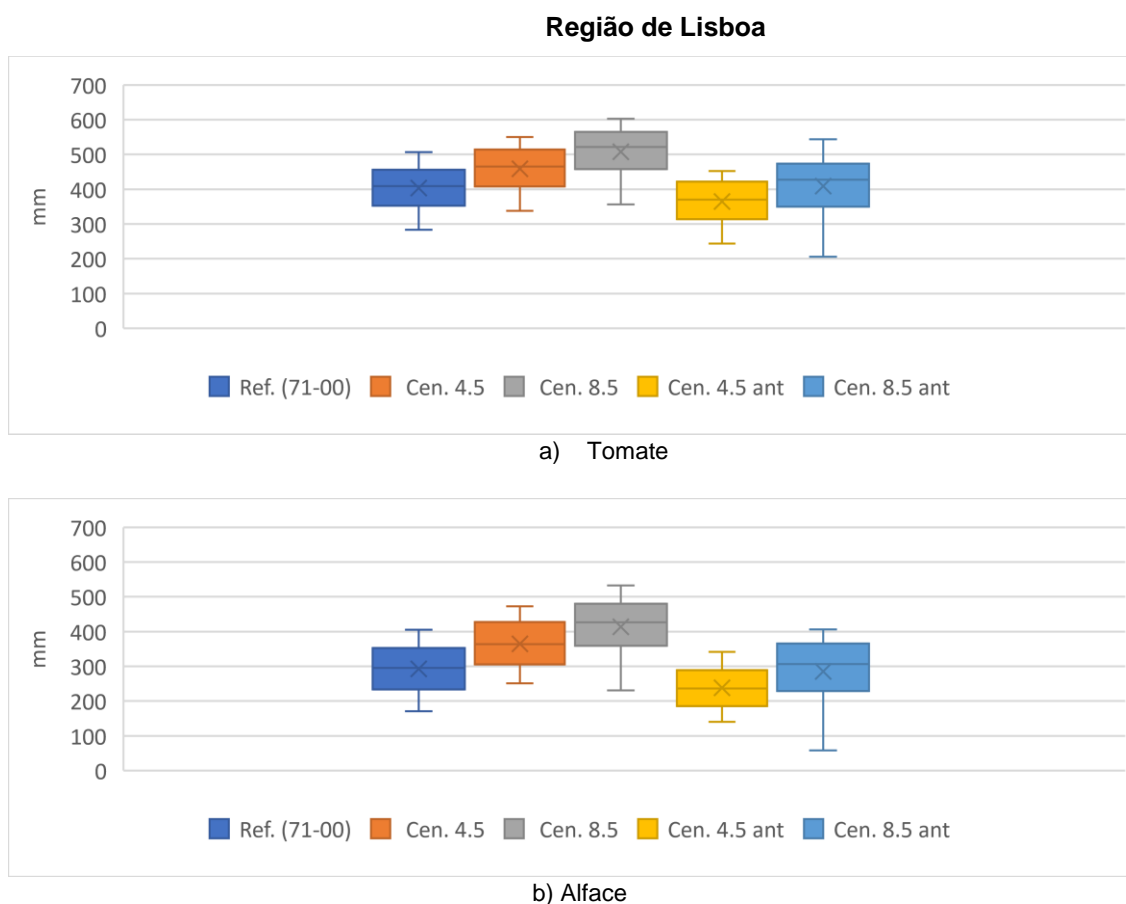
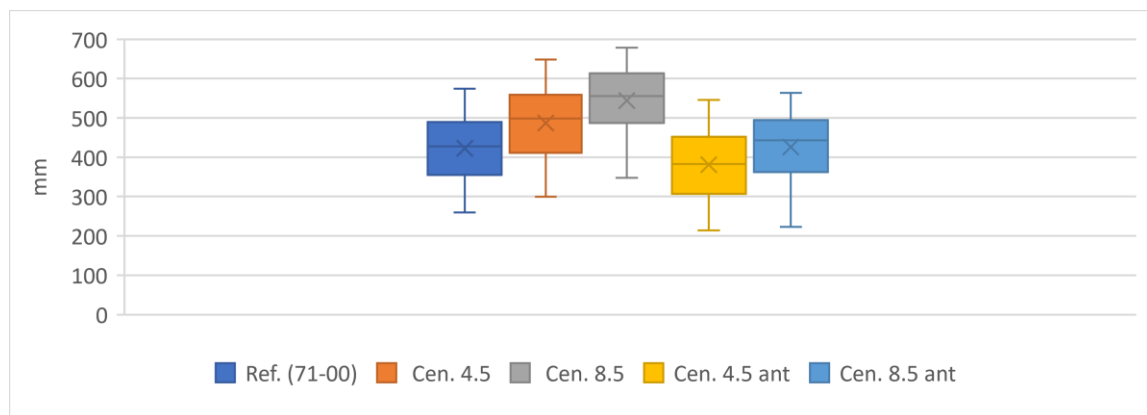


Figura 5-7 Evolução das necessidades efetivas de rega comparando as datas atuais (RCP 4.5 e 8.5) com as datas antecipadas (RCP 4.5 ant e 8.5 ant), para a região de Lisboa para as culturas de a) tomate e b) alface.

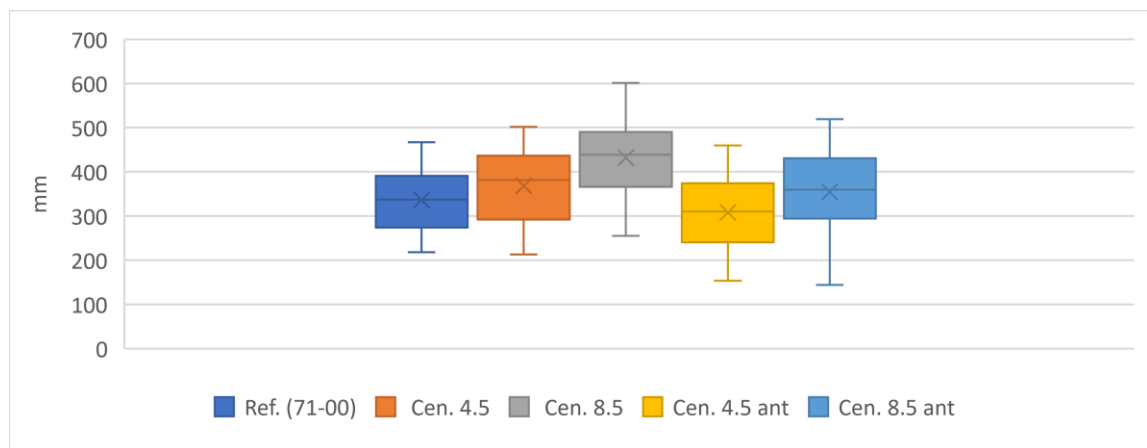
A Figura 5-8, traduz a variação das necessidades líquidas de rega para a cultura do milho e da vinha, pertencentes à região de Évora.

Com a antecipação da data da sementeira para a cultura do milho e da vinha, verifica-se que há uma redução das necessidades líquidas de rega no cenário RCP 4.5 e a limitação do seu aumento no cenário RCP 8.5. Os valores das necessidades efetivas de rega para a cultura do milho variam entre os 377 mm e 439 mm para os cenários RCP 4.5 e 8.5 (medida 1), respetivamente, e para a cultura da vinha variam entre 303 mm a 361 mm para os cenários RCP 4.5 e 8.5 (medida 1), respetivamente. A cultura da vinha é a que apresenta menores alterações nas necessidades efetivas de rega para os diferentes cenários, o que se pode dever ao facto de ser a única cultura produzida com rega deficitária.

Região de Évora



a) - Milho



b) - Vinha

Figura 5-8 Evolução das necessidades efetivas de rega comparando as datas atuais (RCP 4.5 e 8.5) com as datas antecipadas (RCP 4.5 ant e 8.5 ant), para a região de Évora para as culturas de a) milho e b) vinha.

5.3.2. Aumento na eficiência de rega – Medida 2

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos para a simulação da segunda medida de adaptação proposta, que corresponde à melhoria da eficiência de rega como forma de contrariar o aumento das necessidades de rega devido às AC. Nesta segunda medida de adaptação, começou por fazer-se a escolha dos métodos de rega a utilizar para as diferentes culturas para as regiões de Lisboa e Évora.

Os métodos de rega a utilizar na região de Lisboa serão a rega por aspersão para a cultura de alface, e rega por gravidade (sulcos) no período de referência e a rega por gotejamento para o cenário de aumento de eficiência, para a cultura do tomate. Na região de Évora utilizou-se a rega localizada também conhecida como rega gota-a-gota para a cultura da vinha e para a cultura do milho será a rega por aspersão (rampa pivotante) e a rega por gotejamento para o cenário de melhoria de eficiência. Após ser feita a escolha

dos sistemas de rega, através da equação (4.3) estimaram-se as necessidades globais de rega, usando as respetivas eficiências sendo os resultados apresentados nos Quadro 5-4 e Quadro 5-5.

Efetuaram-se os cálculos das necessidades globais de rega para diferentes cenários tecnológicos de rega mantendo inalteradas as datas de sementeira (sem a 1ª medida de adaptação) podendo-se ver os resultados obtidos nos quadros 5-4 (Lisboa) e 5-5 (Évora). Os resultados das simulações relativas aos cenários de melhoria tecnológica são comparados com os valores obtidos mantendo inalteradas as tecnologias de rega do período de referência verificando-se que permite uma considerável poupança de água.

Quadro 5-4 Necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), tendo em conta as diferentes eficiências de rega para Lisboa mantendo inalteradas as datas de sementeira/plantação (**Medida 2**).

Caso de estudo	Cultura	Cenários	Volume de rega (mm)	
			Média.	% de variação NR
Lisboa	Tomate	Observado	386	
		Eficiência 65 %	594	
		Cenário 4.5	446	
		Eficiência (71-00) 65%	686	+15%
		Eficiência (2071-2100) 90%	496	-16%
		Cenário 8.5	506	56
		Eficiência (71-00) 65%	778	+31%
		Eficiência (2071-2100) 90%	562	-5%
	Sequência de Alfaca	Observado	283	
		Eficiência (65%)	435	
		Cenário 4.5	358	
		Eficiência (71-00)65 %	551	+27%
		Eficiência (2071-2100) 85 %	421	-3%
		Cenário 8.5	416	
		Eficiência (71-00) 65 %	640	+47%
		Eficiência (2071-2100) 85 %	489	+12%

Em lisboa, nomeadamente para a cultura de alfaca com um sistema de rega por aspersão, em que apresenta uma eficiência de aplicação mais baixa, verifica-se que comparando os cenários futuros com o período de referência (1971-2000), o volume de água para rega aumenta nos dois cenários se mantivermos as eficiências de rega (Quadro 5-4). Ao se melhorar a eficiência do sistema de rega consegue-se baixar o consumo no cenário RCP 4.5, com uma redução de -3 % em relação ao período de referência, mas não

será suficiente no cenário mais rigoroso (RCP 8.5), que terá um aumento de +12 % em relação ao período de referência. Na cultura do tomate com um sistema de rega com uma baixa eficiência (sulcos) os cenários climáticos conduzem a um elevado aumento das necessidades de rega (+15 e +31%, respectivamente nos cenários RCP 4.5 e 8.5) como se pode ver no Quadro 5-4. No entanto ao melhorar as eficiências, com a utilização de um método de rega mais eficiente (e.g. gotejamento) reduz-se o consumo de água para ambos os cenários projetados (-5 % no cenário RCP 8.5 e -16 % no cenário RCP 4.5).

O Quadro 5-5, mostra as necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), tendo em conta as respetivas eficiências para Évora mantendo inalteradas as datas de sementeira/plantação.

Quadro 5-5 Necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), tendo em conta as diferentes eficiências de rega para Évora mantendo inalteradas as datas de sementeira/plantação (**Medida 2**).

Caso de estudo	Cultura	Cenários	Volume de rega (mm)	
			Média.	% de variação NR
Évora	Milho	Observado	423	
		Eficiência 65 %	651	
		Cenário 4.5	489	
		Eficiência (71-00) 65%	752	+16%
		Eficiência (2071-2100) 85%	575	-12%
		Cenário 8.5	553	
		Eficiência (71-00) 65%	851	+31%
		Eficiência (2071-2100) 85%	651	0%
	Vinha	Observado	334	
		Eficiência (80%)	418	
		Cenário 4.5	373	
		Eficiência (71-00)80 %	466	+11%
		Eficiência (2071-2100) 90%	414	-1%
		Cenário 8.5	433	
		Eficiência (71-00) 80 %	541	+29%
		Eficiência (2071-2100) 90 %	481	+15%

Verifica-se que na cultura do milho com um sistema de rega com uma eficiência de aplicação baixa os consumos irão aumentar bastante nos cenários futuros de AC (entre +16% a +31%). No entanto melhorando as eficiências de rega consegue-se reduzir o volume de água consumida no cenário RCP 4.5 (redução de -12 %) e manter no cenário RCP 8.5.

Na Vinha como a eficiência inicial é mais elevada verifica-se que a adoção de um sistema mais eficiente tem uma menor influência na melhoria das necessidades de rega. Verifica-se que ao manter as tecnologias de rega (eficiência mais baixa) aumentam-se os consumos (entre +11 a 21%), mas ao implementar a medida de adaptação de aumentar a eficiência consegue-se reduzir ligeiramente o consumo de água no cenário RCP 4.5 (uma redução de 1 %) e limitar os aumentos no cenário mais rigoroso (+15%).

Efeito conjugado das duas medidas de adaptação

Nesta secção pretende-se avaliar os efeitos combinados das duas medidas de adaptação, que consiste em antecipar as datas de sementeira (**Medida 1**) e em aumentar a eficiência de rega (**Medida 2**) em simultâneo. Os resultados são apresentados nos Quadro 5-6 (Lisboa) e Quadro 5-7 (Évora).

Quadro 5-6 Necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), com as diferentes eficiências de rega na região de Lisboa considerando a antecipação das datas de sementeira/plantação em um mês (**Medida 1 + 2**).

Caso de estudo	Cultura	Cenários	Volume de rega (mm)	
			Média.	% de variação da NR
Lisboa	Tomate	Observado	386	
		Eficiência 65 %	594	
		Cenário 4.5	348	
		Eficiência (71-00) 65%	535	-9%
		Eficiência (2071-2100) 90%	387	-35%
		Cenário 8.5	405	
		Eficiência (71-00) 65%	623	+5%
		Eficiência (2071-2100) 90%	450	-24%
	Sequência de Alfáce	Observado	283	
		Eficiência (65%)	435	
		Cenário 4.5	224	
		Eficiência (71-00)65 %	345	-21%
		Eficiência (2071-2100) 85 %	264	-39%
		Cenário 8.5	272	
		Eficiência (71-00) 65 %	418	-4%
		Eficiência (2071-2100) 85 %	320	-26%

De acordo com o Quadro 5-6, na região de Lisboa consegue-se reduzir a quantidade de água gasta para a rega nas duas culturas selecionadas (entre -24 a -39%), nos cenários futuros de AC, quando se opte por escolher um sistema de rega com uma eficiência de aplicação mais alta e antecipar as sementeiras.

Na cultura de tomate com um método de rega com uma eficiência de 65% no período de controlo (1971-2000), gasta-se em média 594 mm, mas passando de uma eficiência de 65% para uma de 90%, e antecipando a cultura um mês, há uma redução desse valor para os 387 mm (-35%) para o cenário RCP 4.5 e os 450 mm (-24%) para o cenário RCP 8.5.

Igualmente para cultura da alface consegue-se reduzir o consumo com a escolha de um sistema de rega com uma eficiência de aplicação maior, passando assim de um volume de água para rega de 435 mm no período de referência para 264 mm (-39%) no cenário RCP 4.5 e 320 mm (-26%) para o período do RCP 8.5.

No Quadro 5-7, estão representadas as necessidades globais de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), com as respetivas eficiências para a região de Évora, antecipando as culturas um mês.

Quadro 5-7 Necessidades de rega anuais das culturas para os diferentes cenários de alterações climáticas (2071–2100), com as diferentes eficiências de rega para a região de Évora considerando a antecipação das datas de sementeira/plantação em um mês. **(Medida 1 + 2).**

Caso de estudo	Cultura	Cenários	Volume de rega (mm)	
			Média.	% de variação da NR
Évora	Milho	Observado	423	
		Eficiência 65 %	651	
		Cenário 4.5	377	
		Eficiência (71-00) 65%	580	-11%
		Eficiência (2071-2100) 85%	444	-32%
		Cenário 8.5	439	
		Eficiência (71-00) 65%	675	+4%
		Eficiência (2071-2100) 85%	516	-21%
	Vinha	Observado	334	
		Eficiência (80%)	418	
		Cenário 4.5	303	
		Eficiência (71-00)80%	379	-9%
		Eficiência (2071-2100) 90 %	337	-19%
		Cenário 8.5	361	
		Eficiência (71-00) 80 %	451	+8%
		Eficiência (2071-2100) 90 %	401	-4%

Da observação do Quadro 5-7, constata-se que para a região de Évora, nomeadamente para a cultura do milho consegue-se reduzir a água gasta na rega para os cenários futuros (entre -21 a -31%), em relação aos valores estimados no período de referência (1971-2000), quando se escolhe um sistema de rega com uma eficiência de aplicação maior e em conjunto se antecipa a cultura um mês. O mesmo pode-se observar

para a cultura da vinha em que com um sistema de rega com uma eficiência superior ao utilizado no período de referência também se consegue poupar água (-4 a -19%).

Depois de analisar os Quadro 5-6 e Quadro 5-7, verifica-se que quando se passa de uma eficiência mais baixa, relativa ao período de referência para uma eficiência mais alta (cenários futuros), há um melhor aproveitamento da água para rega, contribuindo assim para que o volume total de água para rega seja menor nos cenários futuros. De acordo com Oliveira *et al.*, (2003), usando uma metodologia correta na gestão da rega poder-se-á poupar entre 15 % a 35 % da água.

Também é importante salientar que no futuro, ao escolher um sistema de rega que apresente uma eficiência alta, está-se a considerar que o volume de água aplicado para rega fique efetivamente armazenado no perfil do solo que será explorado pelas raízes, diminuindo assim as perdas, e um mau aproveitamento da água, mas também permite ao agricultor reduzir os custos.

Como a tendência para os próximos anos é para a diminuição da disponibilidade de água devido às alterações climáticas, particularmente pela diminuição da precipitação, é importante garantir um sistema de rega que possa proporcionar uma melhor gestão da água e assim garantir que as culturas completam o seu ciclo sem entrar em stress hídrico, contribuindo assim para que possa manter o seu potencial produtivo.

6. CONCLUSÃO

Os impactos provocados pelas alterações climáticas na agricultura, deixaram de ser uma hipótese futura e passaram a ser uma realidade visível, sendo que já estamos a sentir os efeitos no nosso quotidiano. A nível mundial deparamo-nos com um aumento da temperatura e uma diminuição da precipitação em inúmeras regiões do planeta que tenderá a agravar-se de acordo com os cenários climáticos produzidos pelos modelos climáticos. Das séries climáticas utilizadas neste trabalho constata-se que, para as duas regiões estudadas (Évora e Lisboa), que para o final do século XXI (2071-2100) haverá uma diminuição da precipitação e um aumento da temperatura do ar em relação ao período de referência considerado (1971-2000). No final do século XXI, em Évora a redução da precipitação será maior do que em Lisboa para os cenários projetados (RCP 4.5 e 8.5). Esta redução verifica-se sobretudo na primavera, outono e no verão, em contraste projeta-se o seu aumento no inverno. Para as duas regiões o aumento da temperatura é maior no cenário RCP 8.5 do que o cenário RCP 4.5, como era de se esperar, por ser o cenário de maiores emissões de CO₂. Desta forma haverá uma maior probabilidade de ocorrência de um maior número de ondas de calor e de maior duração para os dois cenários futuros em Évora e Lisboa.

Projeta-se um aumento das necessidades hídricas e de rega das culturas nos dois cenários estudados, em contraste com a diminuição da precipitação. Portanto, será necessário encontrar formas de fazer uma gestão mais eficiente da água de modo a manter a produtividade das culturas nas duas regiões, uma vez que esta se tornará cada vez mais escassa. De forma a minimizar os impactos causados devido às alterações climáticas nas duas regiões, definiram-se e avaliaram-se duas medidas de adaptação relativas à gestão da rega para as duas regiões estudadas.

A primeira medida, que passa por antecipar a sementeira em um mês, permite reduzir o consumo total de água para rega para as quatro culturas estudadas, em comparação com o período de referência. Esta diminuição deve-se à antecipação das datas de sementeira das culturas, ajustando-as às novas condições de temperatura e precipitação, de forma a reduzir o stress hídrico e evitar os períodos de temperaturas excessivas.

A segunda medida estudada passa por melhorar as tecnologias de rega, ou seja, escolher um sistema de rega mais eficiente. Os resultados obtidos mostram que esta medida permite diminuir ou limitar o aumento das necessidades de rega de acordo com os cenários de AC considerados.

Conjugando as duas medidas de adaptação em que se antecipam as culturas em um mês e se melhora as eficiências dos sistemas de rega em simultâneo é possível reduzir consideravelmente as necessidades de rega para os cenários futuros de AC o que permite aos agricultores algum grau de ajustamento face à redução das disponibilidades de água projetadas para os cenários futuros.

Da avaliação das medidas de adaptação propostas nesta dissertação, verificou-se que tanto a antecipação das datas de sementeira, assim como a melhoria nas tecnologias de rega permitem reduzir os consumos de água para rega, diminuindo os impactos das AC. No entanto, observou-se que os maiores valores de poupança de água se obtiveram quando se aplicaram as duas medidas de adaptação em conjunto. Estas reduções das necessidades de rega variam entre os 24% e os 36% para a cultura do tomate e entre os 28% e 39% para a cultura de alface para a região de Lisboa, relativamente a região de Évora estas reduções variam entre os 21% e os 32 % para a cultura do milho e os 4% e os 18% para a cultura da vinha. Estes resultados mostram que o sector agrícola tem margem para reduzir os impactos futuros nas necessidades de rega das culturas.

Chama-se a atenção de que os resultados obtidos possuem um elevado grau de incerteza uma vez que se estão a projetar os efeitos futuros dos cenários de AC na agricultura de regadio. No entanto, apesar desta incerteza, os resultados obtidos permitem apoiar a tomada de decisão uma vez que é possível antecipar riscos e oportunidades para os sistemas agrícolas.

Na sequência desta dissertação propõe-se a continuação dos estudos dos impactos de AC na agricultura nomeadamente nas necessidades de rega, e na produtividade de água de rega aplicando estas metodologias noutras regiões. Também é importante apresentar outras medidas de adaptação que permitam reduzir o consumo de água na rega no futuro já que a tendência é para a redução da precipitação, daí que se sugere um estudo mais detalhado dos efeitos da rega deficitária como uma das medidas de adaptação, a adoção de medidas de conservação do solo e da água como outra medida e por fim a introdução de novas culturas ou variedades culturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, FAO, Rome, Italy.
- Andrade, J., Basch, G. (2012). Clima e estado do tempo. Fatores e elementos do clima. Classificação do clima. In: Hidrologia agrícola. ICAAM-ETC Universidade de Évora.
- Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T., Vergopolan N., Berg A., Wood E.F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data* 5, 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Bernardino, M., Espírito Santo, F. (2015). “Identificação de metodologias para a definição de cenários climáticos no contexto das alterações climáticas no sector do turismo”. Lisboa, LNEC e IPMA. Projeto AdaPT AC: T, v0.
- Borrego, C., Lopes, M., Ribeiro, I., Carvalho, A. (2009). As alterações climáticas: uma realidade transformada em desafio. CESAM e Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.
- Braga, R., Pinto, P.A. (2009). Alterações climáticas e Agricultura. AJAP, Lisboa Portugal.
- Brandão, A.M.C.P. (2006). Alterações climáticas na agricultura portuguesa: instrumentos de análise, impactos e medidas de adaptação. Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Cardoso, J.V.J.C. (1965). Os solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese, 1 – A Sul do rio Tejo. Secretaria de estado da agricultura, direção geral dos serviços agrícolas, Lisboa.
- Collins, M., R. Knutti, J. Arblaster, J.-L. Dufresne, T. Fichet, P. Friedlingstein, X. Gao, W.J. Gutowski, T. Johns, G. Krinner, M. Shongwe, C. Tebaldi, A.J. Weaver and M. Wehner, (2013): Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Dias, L., Karadzic, V. et al. (2016). *ClimAdaPT.Local – Manual Avaliação de Vulnerabilidades Futuras*, Lisboa, ISBN: 978-989-99084-9-9.

Duarte Santos, F. (2006). Problemática das alterações climáticas no início do século XXI. In *Alterações climáticas em Portugal. Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM II*, F:D: Santos e P Miranda (eds.), pp. 17 – 43. Gradiva, Lisboa.

EEA (2015). *A agricultura e as alterações climáticas. Artigo sinais–viver num clima em mudança*, pp.5.

EEA, (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. EEA Report no 04/2010*, European environment Agency.

Flato, G., J. Marotzke, B. Abiodun, P. Braconnot, S.C. Chou, W. Collins, P. Cox, F. Driouech, S. Emori, V. Eyring, C. Forest, P. Gleckler, E. Guilyardi, C. Jakob, V. Kattsov, C. Reason and M. Rummukainen, (2013): *Evaluation of Climate Models*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Giorgi, F., Gutowski Jr, W.J. (2015). *Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. Annual. Review of Environment and Resources. 40:467-90. Doi:10.1146/annurev-environ-102014-021217.*

IHERA, 2001. *Estimativa das necessidades globais de água para o regadio no continente. Lisboa, Portugal. Ministério da agricultura do desenvolvimento rural e das pescas. Lisboa, Portugal.*

IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z.Chen, M. Marquis, K.B Averryt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY. USA.

IPCC (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental Panel on*

- Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151pp
- Leão, P., Morais, A. (2011). MECAR – Metodologia para a estimativa de água de rega em Portugal. O uso de água na agricultura, INE, 17-42.
- Marques, J.M.A. (2007). Condições climáticas de inverno e a mortalidade diária no distrito de Lisboa. Mestrado em geografia: Especialização em clima e sociedade. Universidade de Lisboa, Faculdade de letras, Departamento de geografia. Lisboa.
- Miranda, P.M.A., Cardoso, R.M., Soares, P.M.M., Valente, M.A., Viterbo, P. (2018). A mudança climática. In Cultivar. Cadernos de análise e prospetivas nº 12, Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral (eds.), pp. 29 – 37.
- Miranda, P.M.A., Valente, M.A., Tomé, A.R., Trigo, R., Coelho, M.F.E.S., Aguiar, A., Azevedo, E.B. (2006). O clima de Portugal nos séculos XX e XXI. In Alterações climáticas em Portugal. Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM II, F:D: Santos e P Miranda (eds.), pp. 45 – 113. Gradiva, Lisboa.
- Monte ACE., (2007). Caracterização da região Alentejo Central: Zona de intervenção do Monte. Disponível em https://www.monte-ace.pt/site/Caracterizacao_ZI.pdf. Acedido em 18/08/2019
- Mourato, S.J.M. (2009). Modelação do Impacte das alterações climáticas e do uso do solo nas bacias hidrográficas do Alentejo. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Universidade de Évora.
- Moreira, A.I.R e Ramos, M.C.P. (2016). Alterações climáticas e suas consequências: Deslocamentos populacionais forçados, Porto, pp 203 – 219.
- Oliveira, I. (1993). Técnicas de regadio. Edição 1, p.41
- Oliveira, I., Maia, J., Teixeira, J.L. (2003). O sistema agrometeorológico para a gestão da rega no Alentejo – Sagra. Como serviço de avisos de rega para Alentejo. Apresentada no 7º congresso da água, Lisboa.
- Oliveira, I. (2011). Técnicas de regadio. Edição: Isaurindo Oliveira. Beja Portugal, p.973 – 974.
- Pereira, L.S. (2004). Necessidades de água e métodos de rega. Editor: Tito Lyon de Castro, p. 108-126
- Pinto, P.A., Braga, R., Brandão, A.P. (2006). Agricultura. In Alterações climáticas em Portugal. Cenários Impactos e Medidas de Adaptação - Projeto SIAM II, F:D: Santos e P Miranda (eds.), pp. 209 – 231. Gradiva, Lisboa.
- Pires, V., De Moura Cota, T., Silva, A. (2018). Alterações observadas no clima e cenários climáticos em Portugal – Influência no setor agrícola. In Cultivar. Cadernos de

- análise e prospetivas nº 12, Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral (eds.), pp. 57 – 67.
- Rolim, J., Teixeira, J.L., Catalão, J., Shahidian, S. (2009). Impacte das alterações climáticas nas necessidades de rega das culturas. In: Impacte das alterações climáticas nos sistemas de regadio no Alentejo. José Luís Teixeira e João Rolim (eds.), pp. 31-52. ISAPress. Lisboa
- Rolim, J. (2013). Metodologias para avaliação dos impactes das mudanças climáticas na agricultura de regadio e nos sistemas de rega. Tese de Doutoramento em Engenharia dos Biosistemas, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Rolim, J., Teixeira, J. L., Catalão, J., Shahidian, S. (2017) The impacts of climate change on irrigated agriculture in Southern Portugal. *Irrigation and Drainage* 66: 3–18. doi:10.1002/ird.1996.
- Ruiz-Ramos, M., Rodríguez, A., Dosio, A., Goodess, C. M., Harpham, C., Mínguez, M. I., Sánchez, E. (2015). Comparing correction methods of RCM outputs for improving crop impact projections in the Iberian Peninsula for 21st century, *Climatic Change*, 134, 283– 297, doi:10.1007/s10584-015-1518-8.
- Sequeira, E.A.C. (2015). Gestão do perímetro de rega da barragem de Banca furada: Uma proposta. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.
- Serralheiro, R., Valverde, P., Carvalho, M. (2009). Alterações climáticas e necessidades de rega na bacia do Guadiana. In: Impacte das alterações climáticas nos sistemas de regadio no Alentejo. José Luís Teixeira e João Rolim (eds.), pp. 133-150. ISAPress. Lisboa.
- Shahidian, S., Serralheiro, R.P., Serrano, J., Teixeira, J.L. (2012). Parametric alibration of the Hargreaves-Samani equation for use at new locations. *Hidrological processes*.
- Sunyer, M. A., Gregersen, I. B., Rosbjerg, D., Madsen, H., Luchner, J., Arnbjerg-Nielsen, K (2014). Comparison of different statistical downscaling methods to estimate changes in hourly extreme precipitation using RCM projections from ENSEMBLES, *Int. J. Climatol.*, 35, 2528–2539, <https://doi.org/10.1002/joc.4138>.
- Teixeira, J.L. e Pereira, L.S. (1992). ISAREG, na irrigation scheduling model, *ICID Bulletin*,41:29-48

Teixeira, J.L. (1991). ISAREG – Manual do Utilizador. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.

UNFCCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. 24 pp.
Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>. Acedido em 3/10/2019

Valverde, P., Serralheiro, R., Carvalho, M., Shahidian, S., Rodrigues, C. (2014). Efeitos das alterações climáticas nas necessidades úteis de rega na bacia de Guadiana (Effects of climate change on crop net irrigation requirements in the Guadiana basin). Recursos Hídricos, Lisboa, APRH, vol. 35, nº 1, 15pp.

Bibliografia eletrónica

IPMA (2018). Portal do clima. Disponível em <http://portaldoclima.pt/pt/> Acedido em 5/12/2018

IPMA (2019). Normais climatológicas 71–00. Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/> Acedido em 18/08/2019

CORDEX, (2019). Disponível em <https://www.cordex.org/> Acedido em 1/10/2019

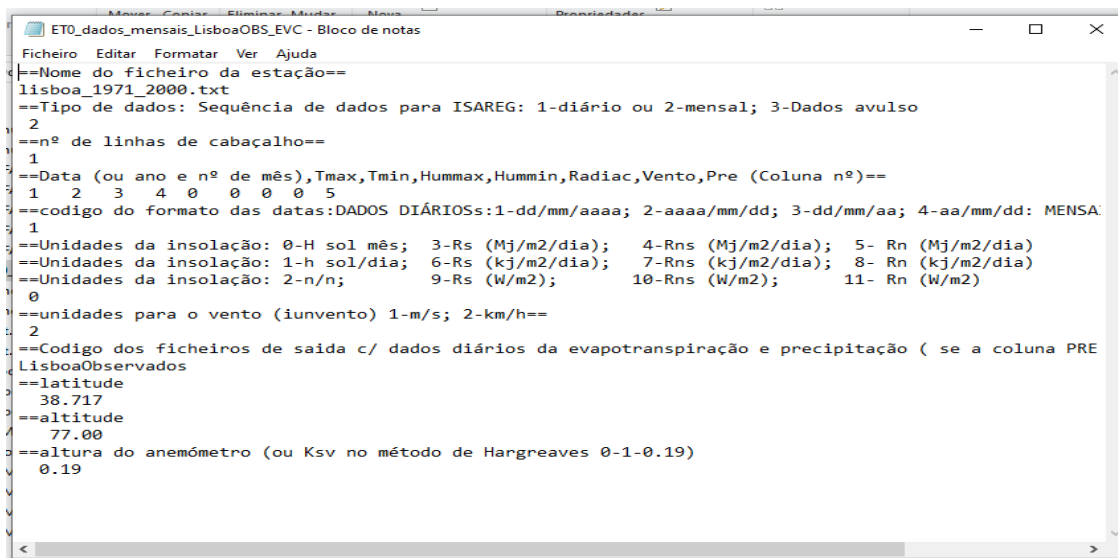
IS-ENES, (2019). CLIMAT FOR IMPACT, Generic processing of climate data for use in impact assessments. Disponível em https://climate4impact.eu/impactportal/general/index.jsp?q=generic_work_flow
Acedido em 1/10/2019

COPERNICUS (2019). Copernicus climate change service. Disponível em <https://www.copernicus.eu/en/services/climate-change> Acedido em 17/10/2019

ANEXOS

Anexo I.

Ficheiro (EVC – ISAREG) com as características da estação meteorológica e dos dados climáticos (Lisboa Observado)

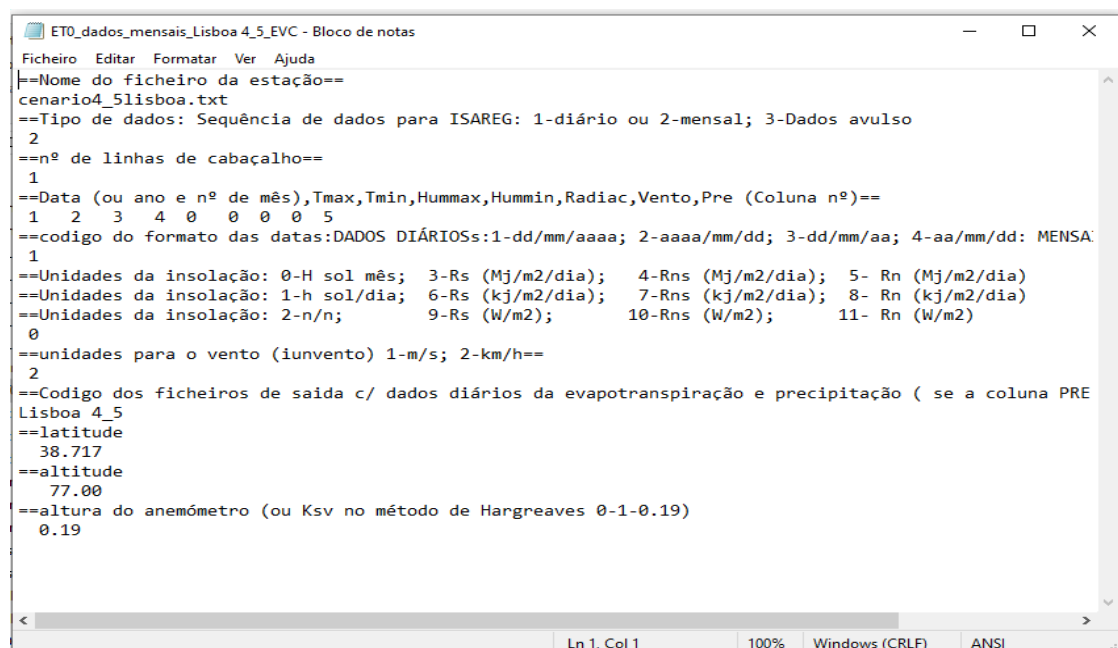


```

ET0_dados_mensais_LisboaOBS_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
==Nome do ficheiro da estação==
lisboa_1971_2000.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
1 2 3 4 0 0 0 0 5
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOSs:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSA
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE
LisboaObservados
==latitude
38.717
==altitude
77.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
0.19

```

Ficheiro (EVC – ISAREG) com as características da estação meteorológica e dos dados climáticos (Lisboa RCP 4.5)



```

ET0_dados_mensais_Lisboa_4_5_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
==Nome do ficheiro da estação==
cenario4_5lisboa.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
1 2 3 4 0 0 0 0 5
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOSs:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSA
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE
Lisboa_4_5
==latitude
38.717
==altitude
77.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
0.19
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

```

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Ficheiro (EVC – ISAREG) com as características da estação meteorológica e dos dados climáticos (Lisboa RCP 8.5)

```

ET0_dados_mensais_Lisboa_8_5_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
==Nome do ficheiro da estação==
cenario 8_5 lisboa.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
1 2 3 4 0 0 0 0 5
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOS:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSA
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE
Lisboa_8_5
==latitude
38.717
==altitude
77.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
0.19
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

```

Dados climáticos Lisboa, período observado (1971–2000)

Ano	Mês	T max (°C)	T min (°C)	Precip (mm)
1971	1	13,50967742	7,612903226	155,8
1971	2	17,28214286	8,967857143	15,3
1971	3	16,10967742	8,106451613	50,4
1971	4	17,78709677	10,51666667	151,8
1971	5	19,08709677	11,69354839	100,1
1971	6	23,31935484	13,95 52,8	
1971	7	26,47096774	17,78064516	6,3
1971	8	25,96451613	16,34193548	9,7
1971	9	26,30645161	16,81 0,9	
1971	10	25,29677419	15,77419355	1
1971	11	17,17741935	9,55 11,4	
1971	12	15,40645161	8,283870968	71,1
1972	1	14,03870968	7,529032258	202,5
1972	2	14,78709677	8,651724138	124,3
1972	3	15,82580645	8,638709677	106,1
1972	4	19,38709677	11,09666667	17,5
1972	5	20,20322581	11,06774194	15,5
1972	6	21,84516129	12,75 2,6	
1972	7	26,03548387	16,83870968	6,4
1972	8	26,33225806	17,14193548	0,3
1972	9	23,57741935	15,45333333	32,1
1972	10	20,31612903	13,29677419	128,6
1972	11	17,33548387	11,67 14,7	
1972	12	13,99677419	8,848387097	171,5
1973	1	13,77419355	7,225806452	135,7
1973	2	15,53548387	8,192857143	24,4
1973	3	17,78709677	9,267741935	22

Dados climáticos Lisboa, cenário RCP 4.5 (2071–2100)

Ano	Mês	T max (°C)	T min (°C)	Precip (mm)
2071	1	15,61	8,67	99,08
2071	2	18,31	9,77	14,75
2071	3	17,37	9,18	51,49
2071	4	19,67	11,8	85,51
2071	5	21,15	12,87	53,31
2071	6	25,45	15,67	40,86
2071	7	26,85	18,81	14,38
2071	8	28,1	18,02	4,95
2071	9	28,34	19,11	1,22
2071	10	27,9	18,46	1,05
2071	11	18,59	10,86	10,75
2071	12	16,02	7,98	63,78
2072	1	14,76	8,29	247,27
2072	2	16,49	9,3	66,57
2072	3	17,38	10,43	118,14
2072	4	20,69	12,45	21,19
2072	5	21,35	12,44	13,73
2072	6	23,47	14,37	0,36
2072	7	27,73	18,24	0
2072	8	28,87	19,03	0,06
2072	9	25,83	17,66	24,89
2072	10	22	14,8	138,31
2072	11	18,57	14,15	24,48
2072	12	15,32	11,29	295,3
2073	1	13,76	7,37	178,28
2073	2	16,92	9,2	21,15
2073	3	19,22	10,04	10,22

Dados climáticos Lisboa, cenário RCP 8.5 (2071–2100)

Ano	Mês	T max (°C)	T min (°C)	Precip (mm)
2071	1	15,36	8,96	113,54
2071	2	18,87	10,15	6,31
2071	3	17,79	9,61	48,09
2071	4	20,50	12,32	90,35
2071	5	21,36	13,91	120,03
2071	6	26,39	16,53	42,56
2071	7	29,71	20,49	0,00
2071	8	28,52	18,63	3,80
2071	9	28,89	19,76	0,87
2071	10	27,54	18,13	0,82
2071	11	19,08	11,73	13,66
2071	12	18,12	10,50	58,32
2072	1	15,58	8,93	210,01
2072	2	16,68	10,41	92,36
2072	3	18,32	10,71	84,94
2072	4	22,84	13,33	12,73
2072	5	22,84	12,86	0,00
2072	6	25,10	14,87	0,00
2072	7	29,08	19,60	0,00
2072	8	29,99	20,26	0,02
2072	9	25,90	18,50	23,99
2072	10	22,54	15,69	118,10
2072	11	19,88	13,74	11,37
2072	12	16,20	11,64	244,03
2073	1	15,85	10,04	144,26
2073	2	17,08	10,82	29,87
2073	3	19,15	11,19	28,37

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Ficheiro de ETo produzido para Lisboa período observado (1971–2000)

	30	1	12									
1971	1.1	1.9	2.5	3.2	3.8	4.9	5.0	4.7	3.9	2.9	1.5	1.2
	1.1	1.6	2.3	3.5	4.2	4.6	5.1	4.6	3.4	2.2	1.4	1.0
	1.1	1.8	2.7	3.8	4.2	5.2	5.0	5.3	3.4	2.4	1.5	1.1
	1.1	1.7	2.4	3.2	4.5	5.1	6.0	5.1	3.7	2.4	1.5	1.2
	1.1	1.6	2.3	3.6	4.0	5.1	5.6	5.0	3.6	2.5	1.5	1.0
	1.2	1.8	2.7	3.2	4.6	5.9	5.5	4.9	3.5	2.2	1.4	1.0
	1.0	1.7	2.6	3.5	4.3	4.9	5.2	4.8	4.1	2.4	1.5	1.1
	1.1	1.6	2.7	3.1	4.2	4.7	5.8	5.2	4.2	2.6	1.5	1.0
	1.1	1.5	2.3	3.4	4.5	5.1	5.2	5.1	3.9	2.0	1.6	1.1
	1.2	1.8	2.5	3.7	4.1	5.1	5.6	5.0	4.2	2.5	1.4	1.2
	1.2	1.9	2.4	3.2	4.0	5.2	5.5	5.0	3.7	2.5	1.8	1.1
	1.2	1.8	2.7	3.7	4.5	5.1	4.7	5.1	3.7	2.4	1.4	1.0
	1.2	1.7	2.8	3.1	3.9	5.0	4.5	4.6	4.2	2.6	1.5	1.1
	1.1	1.8	2.4	3.5	3.7	4.8	5.5	5.2	3.9	2.5	1.4	1.1
	1.1	1.6	2.5	3.3	3.7	4.9	5.2	5.1	4.1	2.7	1.4	1.2
	1.1	1.5	2.5	3.3	4.6	5.3	5.7	4.7	3.6	2.5	1.5	1.2
	1.1	1.9	2.7	3.5	4.6	5.5	5.8	4.9	3.8	2.0	1.3	1.0
	1.1	1.6	2.8	3.1	3.9	4.3	5.1	4.9	4.3	2.5	1.3	1.1
	1.1	1.8	2.7	3.1	4.4	5.2	5.8	4.4	3.9	2.6	1.3	0.9
	1.0	1.8	2.7	3.2	4.6	4.8	5.6	5.3	3.7	2.2	1.5	1.0
	1.1	1.7	2.3	3.5	4.7	5.3	5.5	5.0	3.7	2.3	1.4	1.1
	1.1	1.8	2.8	3.7	4.5	4.5	5.7	5.0	3.8	2.1	1.5	1.0
	1.1	1.7	2.5	3.1	3.6	4.7	5.4	4.8	3.0	2.0	1.3	1.0
	1.1	1.8	2.8	3.6	3.7	5.0	5.0	4.5	3.5	2.2	1.4	1.1
	1.1	1.7	2.8	4.0	4.5	4.9	5.3	5.1	3.5	2.7	1.5	1.1

Ficheiro de ETo produzido para Lisboa cenário RCP 4.5 (2071–2100)

	30	1	12									
2071	1.3	2.0	2.6	3.4	4.2	5.2	4.9	5.0	4.0	3.1	1.6	1.3
	1.1	1.8	2.4	3.6	4.3	4.8	5.4	5.1	3.6	2.4	1.3	0.9
	1.1	1.9	2.9	3.9	4.3	5.6	5.2	5.8	3.8	2.7	1.7	1.2
	1.2	1.7	2.3	3.5	5.1	5.1	6.5	5.4	3.9	2.5	1.6	1.3
	1.2	1.7	2.6	3.9	4.4	5.8	6.2	5.6	3.9	2.5	1.6	1.0
	1.2	1.8	2.7	3.3	4.8	6.1	6.0	5.3	3.6	2.4	1.5	1.1
	1.1	1.7	2.7	3.8	4.5	5.5	5.2	5.4	4.2	2.6	1.6	1.2
	1.1	1.7	2.8	3.3	4.4	4.7	6.0	5.7	4.5	2.8	1.6	1.1
	1.1	1.4	2.6	3.7	4.6	5.3	5.3	5.3	4.3	2.1	1.6	1.1
	1.2	2.0	2.7	4.5	4.4	5.2	5.8	5.1	4.4	2.8	1.5	1.2
	1.3	1.8	2.3	3.2	4.5	5.3	5.7	5.5	4.2	2.8	2.0	1.3
	1.3	1.9	2.6	3.9	4.9	6.0	5.1	5.2	3.8	2.9	1.4	1.1
	1.2	1.7	3.0	3.3	4.4	5.8	4.6	4.8	4.3	2.6	1.5	1.1
	1.1	1.9	2.4	3.6	3.8	4.7	5.8	5.6	4.3	2.7	1.5	1.2
	1.2	1.7	2.6	3.5	3.8	5.4	5.5	5.6	4.5	2.8	1.4	1.2
	1.1	1.4	2.8	3.6	5.1	5.5	6.3	4.9	4.2	2.8	1.5	1.2
	1.2	1.8	3.0	3.5	4.6	5.6	6.3	5.0	4.2	2.1	1.3	1.1
	1.2	1.7	2.8	3.2	4.1	4.7	5.7	5.2	4.4	2.7	1.3	1.2
	1.1	1.8	2.7	3.6	4.3	5.3	6.2	4.5	4.2	3.0	1.4	1.0
	1.1	1.9	2.8	3.4	4.8	5.0	6.0	5.7	3.5	2.3	1.6	1.0
	1.2	1.6	2.4	3.5	5.0	5.8	5.9	5.0	3.7	2.4	1.4	1.2
	1.2	1.9	3.0	4.1	4.8	4.8	6.0	5.1	4.2	2.5	1.5	1.0
	1.2	1.7	2.4	3.5	4.0	5.1	5.6	4.8	3.2	2.3	1.4	1.0
	1.1	1.8	3.0	3.9	4.5	5.3	5.5	4.6	3.9	2.3	1.5	1.1
	1.2	1.9	2.7	4.4	4.7	5.3	5.9	5.6	3.7	2.9	1.5	1.2

Ficheiro de ETO produzido para Lisboa: cenário RCP 8.5 (2071–2100)

The screenshot shows a Notepad window with the following content:

```

Lisboa 8_5_ETO - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
1
30 1 12
2071
1.3 2.1 2.6 3.6 4.0 5.4 5.6 5.0 4.1 3.0 1.6 1.3
1.2 1.7 2.6 4.1 4.7 5.3 5.5 5.2 3.5 2.3 1.5 1.0
1.1 1.7 2.7 4.1 4.4 6.0 5.7 5.7 4.0 2.8 1.6 1.2
1.2 1.7 2.6 3.4 5.2 5.8 6.3 5.5 4.0 2.6 1.7 1.3
1.3 1.8 2.3 3.9 4.6 5.9 6.2 5.6 4.0 2.9 1.6 1.1
1.2 1.8 3.0 3.7 5.5 6.9 6.1 5.2 3.9 2.3 1.6 1.0
1.1 1.8 2.8 3.8 5.0 5.6 6.0 5.3 4.5 2.7 1.5 1.2
1.2 1.6 2.8 3.9 4.8 5.2 6.1 5.8 4.8 3.1 1.6 1.1
1.2 1.6 2.4 3.9 5.4 5.6 5.8 6.0 4.6 2.3 1.7 1.2
1.2 1.8 2.5 4.2 4.5 5.9 6.2 5.4 4.7 2.7 1.5 1.2
1.4 2.0 2.5 3.6 4.7 6.0 6.2 5.5 4.1 2.8 1.9 1.3
1.3 2.0 2.9 4.4 5.3 5.9 5.3 5.6 4.1 2.9 1.5 1.3
1.4 2.0 2.9 3.7 4.2 5.4 5.0 5.1 4.5 3.0 1.6 1.2
1.2 1.8 2.7 3.8 5.1 5.7 6.2 5.6 4.4 2.7 1.5 1.2
1.3 1.8 3.1 3.9 4.2 5.8 5.9 5.9 4.6 3.2 1.6 1.2
1.2 1.6 2.6 3.8 5.4 5.7 6.2 5.2 4.1 2.8 1.7 1.3
1.2 2.0 2.9 4.1 5.2 6.4 6.1 5.4 4.1 2.1 1.4 1.1
1.1 1.7 2.9 3.7 4.5 5.1 5.6 5.4 4.8 3.0 1.5 1.3
1.3 2.0 2.8 3.6 5.1 6.1 6.3 4.9 4.3 2.8 1.5 1.0
1.1 2.0 2.9 3.2 5.2 5.6 6.2 5.9 4.2 2.6 1.7 1.1
1.2 1.7 2.3 3.9 5.7 6.5 6.3 5.5 4.1 2.7 1.8 1.2
1.2 2.0 3.3 4.3 5.0 5.9 6.4 5.6 4.3 2.5 1.5 1.1
1.1 1.7 2.8 3.5 3.9 5.8 6.2 5.4 3.7 2.6 1.5 1.2
1.3 2.1 3.0 3.9 4.7 5.9 5.8 5.1 3.9 2.6 1.5 1.2
1.2 1.7 3.1 4.5 5.3 5.8 6.1 5.7 3.9 3.1 1.5 1.2

```

Ficheiro precipitação para Lisboa: período observado (1971–2000)

The screenshot shows a Notepad window with the following content:

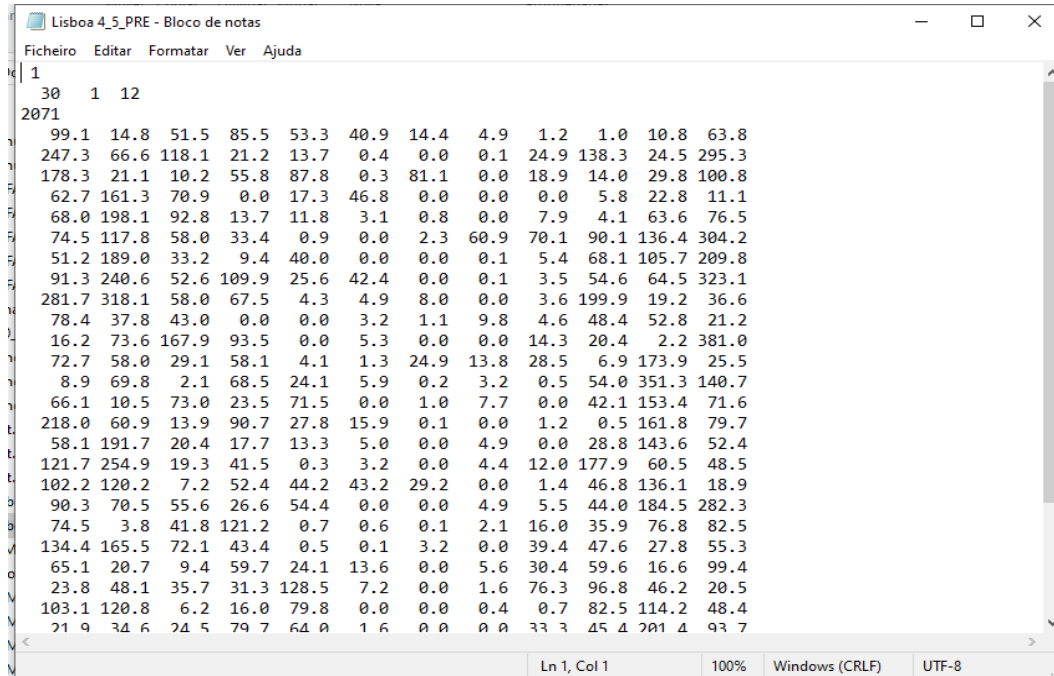
```

LisboaObservados_PRE - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
1
30 1 12
1971
155.8 15.3 50.4 151.8 100.1 52.8 6.3 9.7 0.9 1.0 11.4 71.1
202.5 124.3 106.1 17.5 15.5 2.6 6.4 0.3 32.1 128.6 14.7 171.5
135.7 24.4 22.0 57.6 86.6 0.3 25.8 0.1 25.4 25.1 104.2 90.0
107.8 71.1 37.7 53.1 21.2 65.5 0.0 0.0 3.3 7.3 54.5 21.0
81.1 136.1 160.5 16.9 19.2 13.1 0.9 0.0 9.6 3.4 46.6 45.0
61.0 69.8 51.1 80.2 1.2 0.0 12.6 58.5 109.9 94.2 137.1 216.7
119.0 151.4 38.1 16.4 42.8 29.9 22.0 0.1 10.3 178.4 120.7 185.4
69.8 186.5 60.9 88.0 40.9 28.5 0.0 0.5 4.3 81.4 69.3 253.3
213.2 267.7 101.6 65.7 9.0 11.9 2.9 0.0 5.8 214.8 14.2 29.7
53.0 64.9 93.2 19.2 71.5 2.8 2.3 20.5 6.1 72.6 87.1 14.1
12.0 33.6 72.0 86.0 52.9 3.7 4.2 0.0 26.8 29.6 2.5 258.3
112.7 92.2 25.0 81.8 6.4 12.9 10.6 8.6 56.8 23.3 125.5 31.2
6.2 43.1 3.3 106.7 40.3 8.4 0.8 2.2 0.3 42.0 344.1 109.3
40.9 11.5 73.6 24.5 67.4 21.7 2.3 3.1 9.3 54.1 142.9 68.4
224.4 180.0 17.5 120.9 36.1 18.0 0.5 0.0 1.0 0.5 137.7 97.2
52.9 158.7 28.2 39.0 25.7 6.6 0.0 3.0 66.8 28.2 92.4 57.7
131.9 166.9 31.3 46.1 0.3 4.1 1.2 29.5 31.8 117.5 57.1 159.7
108.6 119.6 8.5 46.6 57.2 69.5 42.6 0.0 0.9 82.7 151.8 14.6
67.1 75.8 38.8 103.1 53.1 0.0 0.0 2.1 12.0 85.4 221.0 387.8
62.5 6.9 45.0 103.7 6.6 4.4 0.2 2.4 17.4 239.7 98.7 67.2
97.1 151.8 95.5 53.5 1.2 0.4 5.3 2.8 26.1 74.9 33.6 48.1
62.7 19.0 12.4 59.1 52.3 13.0 0.0 4.0 33.0 70.5 13.0 77.0
19.6 47.9 42.6 65.7 149.8 8.0 0.0 2.1 75.8 230.7 63.3 16.4
72.0 112.3 6.5 21.9 155.8 0.0 0.9 2.0 1.3 67.4 100.3 59.8
49.8 56.6 20.3 88.4 98.9 7.3 2.4 0.0 29.6 60.2 215.3 279.0

```

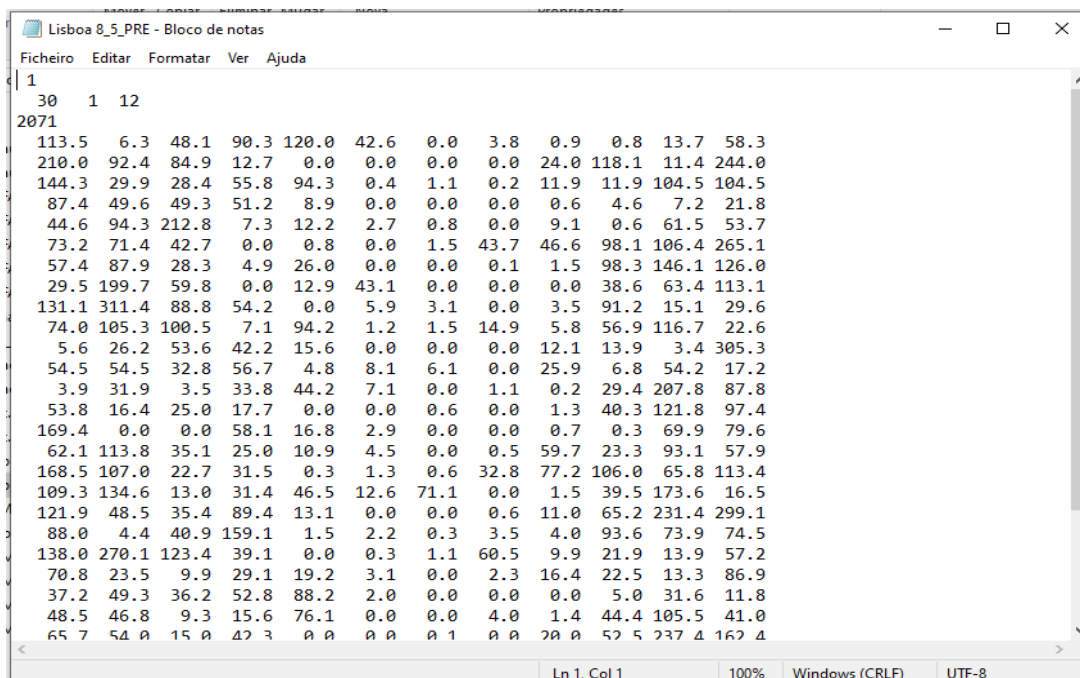
Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Ficheiro precipitação para Lisboa: cenário RCP 4.5 (2071–2100)



	30	1	12									
2071	99.1	14.8	51.5	85.5	53.3	40.9	14.4	4.9	1.2	1.0	10.8	63.8
	247.3	66.6	118.1	21.2	13.7	0.4	0.0	0.1	24.9	138.3	24.5	295.3
	178.3	21.1	10.2	55.8	87.8	0.3	81.1	0.0	18.9	14.0	29.8	100.8
	62.7	161.3	70.9	0.0	17.3	46.8	0.0	0.0	0.0	5.8	22.8	11.1
	68.0	198.1	92.8	13.7	11.8	3.1	0.8	0.0	7.9	4.1	63.6	76.5
	74.5	117.8	58.0	33.4	0.9	0.0	2.3	60.9	70.1	90.1	136.4	304.2
	51.2	189.0	33.2	9.4	40.0	0.0	0.0	0.1	5.4	68.1	105.7	209.8
	91.3	240.6	52.6	109.9	25.6	42.4	0.0	0.1	3.5	54.6	64.5	323.1
	281.7	318.1	58.0	67.5	4.3	4.9	8.0	0.0	3.6	199.9	19.2	36.6
	78.4	37.8	43.0	0.0	0.0	3.2	1.1	9.8	4.6	48.4	52.8	21.2
	16.2	73.6	167.9	93.5	0.0	5.3	0.0	0.0	14.3	20.4	2.2	381.0
	72.7	58.0	29.1	58.1	4.1	1.3	24.9	13.8	28.5	6.9	173.9	25.5
	8.9	69.8	2.1	68.5	24.1	5.9	0.2	3.2	0.5	54.0	351.3	140.7
	66.1	10.5	73.0	23.5	71.5	0.0	1.0	7.7	0.0	42.1	153.4	71.6
	218.0	60.9	13.9	90.7	27.8	15.9	0.1	0.0	1.2	0.5	161.8	79.7
	58.1	191.7	20.4	17.7	13.3	5.0	0.0	4.9	0.0	28.8	143.6	52.4
	121.7	254.9	19.3	41.5	0.3	3.2	0.0	4.4	12.0	177.9	60.5	48.5
	102.2	120.2	7.2	52.4	44.2	43.2	29.2	0.0	1.4	46.8	136.1	18.9
	90.3	70.5	55.6	26.6	54.4	0.0	0.0	4.9	5.5	44.0	184.5	282.3
	74.5	3.8	41.8	121.2	0.7	0.6	0.1	2.1	16.0	35.9	76.8	82.5
	134.4	165.5	72.1	43.4	0.5	0.1	3.2	0.0	39.4	47.6	27.8	55.3
	65.1	20.7	9.4	59.7	24.1	13.6	0.0	5.6	30.4	59.6	16.6	99.4
	23.8	48.1	35.7	31.3	128.5	7.2	0.0	1.6	76.3	96.8	46.2	20.5
	103.1	120.8	6.2	16.0	79.8	0.0	0.0	0.4	0.7	82.5	114.2	48.4
	21.9	34.6	24.5	79.7	64.0	1.6	0.0	0.0	33.3	45.4	201.4	93.7

Ficheiro precipitação para Lisboa: cenário RCP 8.5 (2071–2100)



	30	1	12									
2071	113.5	6.3	48.1	90.3	120.0	42.6	0.0	3.8	0.9	0.8	13.7	58.3
	210.0	92.4	84.9	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	118.1	11.4	244.0
	144.3	29.9	28.4	55.8	94.3	0.4	1.1	0.2	11.9	11.9	104.5	104.5
	87.4	49.6	49.3	51.2	8.9	0.0	0.0	0.0	0.6	4.6	7.2	21.8
	44.6	94.3	212.8	7.3	12.2	2.7	0.8	0.0	9.1	0.6	61.5	53.7
	73.2	71.4	42.7	0.0	0.8	0.0	1.5	43.7	46.6	98.1	106.4	265.1
	57.4	87.9	28.3	4.9	26.0	0.0	0.0	0.1	1.5	98.3	146.1	126.0
	29.5	199.7	59.8	0.0	12.9	43.1	0.0	0.0	0.0	38.6	63.4	113.1
	131.1	311.4	88.8	54.2	0.0	5.9	3.1	0.0	3.5	91.2	15.1	29.6
	74.0	105.3	100.5	7.1	94.2	1.2	1.5	14.9	5.8	56.9	116.7	22.6
	5.6	26.2	53.6	42.2	15.6	0.0	0.0	0.0	12.1	13.9	3.4	305.3
	54.5	54.5	32.8	56.7	4.8	8.1	6.1	0.0	25.9	6.8	54.2	17.2
	3.9	31.9	3.5	33.8	44.2	7.1	0.0	1.1	0.2	29.4	207.8	87.8
	53.8	16.4	25.0	17.7	0.0	0.0	0.6	0.0	1.3	40.3	121.8	97.4
	169.4	0.0	0.0	58.1	16.8	2.9	0.0	0.0	0.7	0.3	69.9	79.6
	62.1	113.8	35.1	25.0	10.9	4.5	0.0	0.5	59.7	23.3	93.1	57.9
	168.5	107.0	22.7	31.5	0.3	1.3	0.6	32.8	77.2	106.0	65.8	113.4
	109.3	134.6	13.0	31.4	46.5	12.6	71.1	0.0	1.5	39.5	173.6	16.5
	121.9	48.5	35.4	89.4	13.1	0.0	0.0	0.6	11.0	65.2	231.4	299.1
	88.0	4.4	40.9	159.1	1.5	2.2	0.3	3.5	4.0	93.6	73.9	74.5
	138.0	270.1	123.4	39.1	0.0	0.3	1.1	60.5	9.9	21.9	13.9	57.2
	70.8	23.5	9.9	29.1	19.2	3.1	0.0	2.3	16.4	22.5	13.3	86.9
	37.2	49.3	36.2	52.8	88.2	2.0	0.0	0.0	0.0	5.0	31.6	11.8
	48.5	46.8	9.3	15.6	76.1	0.0	0.0	4.0	1.4	44.4	105.5	41.0
	65.7	54.0	15.0	47.3	0.0	0.0	0.1	0.0	20.0	52.5	237.4	162.4

Anexo II.

Ficheiro (EVC – ISAREG) com as características da estação meteorológica e dos dados climáticos (Évora Observado)

```

ET0_dados_mensais_EvoraOBS_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
|--Nome do ficheiro da estação==
Evora_1971_2000.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
1 2 4 3 0 0 0 0 5
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOSs:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSA
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE
EvoraObservados
==latitude
38.34
==altitude
309.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
0.17
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

```

Ficheiro (EVC – ISAREG) com as características da estação meteorológica e dos dados climáticos (Lisboa RCP 4.5)

```

ET0_dados_mensais_Evora4_5_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
|--Nome do ficheiro da estação==
cenario4_5Evora.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
1 2 4 3 0 0 0 0 5
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOSs:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSA
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE
Evora4_5
==latitude
38.34
==altitude
309.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
0.17
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

```

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Ficheiro (EVC – ISAREG) com as características da estação meteorológica e dos dados climáticos (Lisboa RCP 8-5)

```

ET0_dados_mensais_Evora8_5_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
==Nome do ficheiro da estação==
cenario8_5Evora.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
1 2 4 3 0 0 0 5
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOS:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSA
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE
Evora8_5
==latitude
38.34
==altitude
309.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
0.17
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

```

Dados climáticos Évora, período observado (1971 – 2000)

Ano	Mês	T min(°C)	T max (°C)	Precip (mm)
1971	1	5,38	11,17	172,40
1971	2	6,44	15,32	4,30
1971	3	5,28	13,99	30,20
1971	4	8,57	15,93	131,70
1971	5	9,43	17,73	121,20
1971	6	12,47	23,01	49,90
1971	7	16,05	28,85	27,50
1971	8	14,42	27,56	2,30
1971	9	15,43	27,85	2,40
1971	10	14,73	25,18	5,50
1971	11	6,63	15,62	6,90
1971	12	6,45	13,94	41,40
1972	1	4,35	11,10	130,80
1972	2	6,16	12,22	154,50
1972	3	6,57	13,71	80,40
1972	4	8,67	18,75	13,20
1972	5	9,00	20,71	21,90
1972	6	10,69	23,75	2,90
1972	7	15,35	28,26	3,10
1972	8	15,75	28,62	0,00
1972	9	13,91	23,56	43,60
1972	10	11,80	19,02	124,00
1972	11	9,56	15,53	48,50
1972	12	6,55	12,51	104,30
1973	1	4,98	12,33	101,40
1973	2	5,12	13,04	23,10
1973	3	6,76	15,38	23,40

Dados climáticos Évora, cenário RCP 4.5 (2071 – 2100)

Ano	Mês	T max (°C)	T min (°C)	Precip (mm)
2071	1	6,69	13,60	106,04
2071	2	7,11	16,41	4,46
2071	3	6,22	15,09	31,37
2071	4	10,07	18,10	90,83
2071	5	10,82	20,04	68,69
2071	6	14,71	25,78	36,77
2071	7	17,10	29,90	13,39
2071	8	16,83	30,63	2,23
2071	9	17,83	30,32	2,24
2071	10	17,90	28,55	4,96
2071	11	8,02	17,06	6,03
2071	12	6,34	14,63	32,32
2072	1	5,16	12,07	122,65
2072	2	6,88	14,06	91,13
2072	3	8,28	15,39	78,78
2072	4	10,13	20,11	15,92
2072	5	10,45	21,95	17,21
2072	6	12,39	25,47	1,85
2072	7	17,24	30,91	0,00
2072	8	18,44	32,12	0,00
2072	9	16,66	26,13	44,79
2072	10	13,26	20,85	111,61
2072	11	12,19	16,86	88,32
2072	12	8,79	13,82	227,00
2073	1	5,11	12,12	148,13
2073	2	6,26	14,51	21,01
2073	3	7,47	16,79	13,51

Dados climáticos Évora, cenário RCP 8.5 (2071 – 2100)

Ano	Mês	T max (°C)	T min (°C)	Precip (mm)
2071	1	6,90	13,28	109,68
2071	2	7,60	16,89	1,72
2071	3	6,90	15,76	25,71
2071	4	10,56	18,90	62,65
2071	5	12,04	20,59	109,39
2071	6	15,89	26,72	38,19
2071	7	19,62	33,19	21,79
2071	8	17,74	31,64	1,17
2071	9	18,82	31,04	2,23
2071	10	17,10	27,48	5,79
2071	11	9,14	17,67	8,14
2071	12	9,02	16,88	36,73
2072	1	5,89	12,62	153,84
2072	2	8,01	13,99	122,39
2072	3	8,84	16,58	55,48
2072	4	11,12	22,35	9,60
2072	5	10,97	24,12	0,00
2072	6	14,12	28,58	0,00
2072	7	19,35	32,41	0,11
2072	8	19,91	33,15	0,00
2072	9	17,35	26,51	35,01
2072	10	14,18	21,46	109,94
2072	11	11,82	18,23	38,41
2072	12	9,36	14,78	173,24
2073	1	7,79	14,66	99,61
2073	2	7,72	14,60	29,55
2073	3	8,87	16,66	36,42

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Ficheiro de ETo produzido para Évora período observado (1971 – 2000)

Year	30	1	12	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1971	0.9	1.7	2.1	2.7	3.4	4.5	5.5	4.9	4.0	2.7	1.4	1.0
1972	0.9	1.3	2.0	3.3	4.2	5.0	5.4	5.0	3.2	2.0	1.2	0.9
1973	1.0	1.5	2.2	3.5	4.1	5.3	5.5	5.7	3.6	2.2	1.5	1.0
1974	1.0	1.5	2.1	2.7	4.3	5.0	6.4	5.4	3.8	2.3	1.4	1.2
1975	1.0	1.4	2.0	3.2	3.7	5.0	6.1	5.5	3.5	2.4	1.4	0.9
1976	1.2	1.5	2.4	2.7	4.4	6.3	6.1	5.1	3.5	1.9	1.3	0.9
1977	0.9	1.3	2.3	3.4	4.1	4.9	5.3	4.8	4.3	2.3	1.3	1.0
1978	0.9	1.4	2.3	2.7	3.7	4.3	6.1	5.6	4.4	2.5	1.4	0.9
1979	0.9	1.3	2.0	3.0	4.2	5.6	5.7	5.4	3.9	1.9	1.5	1.0
1980	1.0	1.5	2.1	3.3	3.8	5.3	5.8	5.4	4.3	2.3	1.3	1.0
1981	1.2	1.7	2.3	2.7	3.9	5.8	6.0	5.6	3.7	2.4	1.8	1.0
1982	1.0	1.5	2.5	3.3	4.5	5.3	5.2	5.4	3.6	2.2	1.2	0.9
1983	1.1	1.4	2.6	2.9	3.6	5.4	5.0	4.7	4.2	2.5	1.2	1.0
1984	0.9	1.5	2.0	3.2	3.2	4.8	6.0	5.3	4.0	2.4	1.2	1.0
1985	1.0	1.5	2.2	3.1	3.6	5.1	5.9	5.5	4.4	2.8	1.3	1.0
1986	1.0	1.3	2.2	2.6	4.7	5.5	6.4	5.1	3.4	2.4	1.4	1.0
1987	1.0	1.5	2.5	3.1	4.4	5.6	5.8	5.1	4.1	1.8	1.3	0.9
1988	0.9	1.4	2.6	3.0	3.6	4.3	5.5	5.4	4.3	2.3	1.3	1.1
1989	1.1	1.6	2.5	2.7	4.3	5.5	6.4	5.0	3.8	2.4	1.2	0.9
1990	0.9	1.7	2.5	2.9	4.4	5.1	6.3	5.6	3.9	2.0	1.3	0.9
1991	0.9	1.4	2.1	3.2	4.7	5.8	5.9	5.5	3.9	2.1	1.4	1.0
1992	1.0	1.6	2.7	3.5	4.5	4.4	6.3	5.2	4.0	1.9	1.4	0.9
1993	1.1	1.6	2.4	3.0	3.5	4.8	6.2	5.1	3.1	1.9	1.2	1.0
1994	1.0	1.5	2.7	3.3	3.8	5.6	6.0	5.3	3.5	2.2	1.4	1.0
1995	1.0	1.5	2.5	4.3	5.3	6.0	6.6	6.1	3.8	2.9	1.4	0.9

Ficheiro de ETo produzido para Évora: cenário RCP 4.5 (2071 – 2100)

Year	30	1	12	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2071	1.1	1.8	2.2	3.0	3.8	5.0	5.6	5.3	4.2	2.9	1.5	1.1
2072	0.9	1.5	2.1	3.4	4.3	5.2	5.9	5.5	3.5	2.1	1.1	0.9
2073	1.0	1.6	2.4	3.6	4.2	5.8	5.7	6.2	4.0	2.6	1.7	1.1
2074	1.1	1.4	2.0	3.0	4.9	5.0	7.0	5.8	4.1	2.4	1.5	1.3
2075	1.1	1.5	2.2	3.5	4.2	5.7	6.6	6.0	3.9	2.4	1.5	1.0
2076	1.2	1.5	2.3	2.9	4.6	6.8	6.7	5.4	3.7	2.1	1.4	0.9
2077	1.0	1.4	2.4	3.7	4.2	5.4	5.6	5.4	4.5	2.5	1.4	1.0
2078	0.9	1.5	2.5	2.9	3.8	4.4	6.3	6.1	4.7	2.7	1.5	1.0
2079	1.0	1.3	2.3	3.2	4.4	6.0	5.9	5.9	4.3	1.9	1.5	1.0
2080	1.0	1.6	2.3	4.0	4.2	5.5	6.1	5.6	4.5	2.6	1.5	1.1
2081	1.2	1.7	2.2	2.7	4.4	6.0	6.4	6.1	4.2	2.7	1.9	1.1
2082	1.1	1.6	2.5	3.4	4.9	6.2	5.6	5.6	3.7	2.6	1.3	1.0
2083	1.2	1.4	2.8	3.0	4.0	6.3	5.3	5.0	4.3	2.6	1.3	1.1
2084	1.0	1.6	2.1	3.3	3.2	4.9	6.4	5.8	4.3	2.6	1.3	1.1
2085	1.0	1.6	2.2	3.3	3.9	5.6	6.3	6.1	4.9	3.0	1.4	1.0
2086	1.0	1.2	2.4	3.0	5.3	6.0	7.0	5.3	4.0	2.7	1.5	1.0
2087	1.0	1.5	2.8	3.1	4.5	5.9	6.4	5.4	4.6	2.0	1.3	1.1
2088	1.0	1.5	2.7	3.0	3.8	4.6	5.9	5.7	4.5	2.4	1.3	1.1
2089	1.1	1.6	2.5	3.1	4.2	5.7	6.9	5.1	4.2	2.8	1.2	0.9
2090	1.0	1.7	2.6	3.2	4.8	5.5	6.8	6.0	3.8	2.2	1.4	0.8
2091	1.0	1.3	2.3	3.2	5.0	6.5	6.5	5.8	4.0	2.2	1.4	1.1
2092	1.1	1.7	2.9	3.9	4.9	4.7	6.8	5.5	4.4	2.3	1.4	0.9
2093	1.1	1.6	2.3	3.4	3.9	5.3	6.5	5.3	3.5	2.1	1.3	1.0
2094	1.0	1.5	2.8	3.5	4.5	6.0	6.8	5.5	4.0	2.3	1.5	1.0
2095	1.1	1.7	2.5	4.7	5.6	6.5	7.2	6.6	4.1	3.2	1.5	1.1

Ficheiro de ETO produzido para Évora: cenário RCP 8.5 (2071 – 2100)

Evora8_5_ETO - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

1

30 1 12

2071

1.1	1.8	2.3	3.1	3.7	5.0	6.2	5.5	4.3	2.8	1.5	1.2
1.0	1.4	2.2	3.8	4.8	5.8	6.0	5.6	3.4	2.1	1.3	1.0
1.0	1.5	2.2	3.8	4.3	6.0	6.2	6.3	4.1	2.6	1.6	1.1
1.0	1.5	2.2	2.9	5.1	5.8	6.9	5.9	4.2	2.5	1.6	1.4
1.2	1.6	2.0	3.6	4.4	5.9	7.0	6.1	4.0	2.7	1.5	1.0
1.2	1.5	2.7	3.3	5.2	7.4	7.0	5.7	3.9	2.0	1.5	0.9
1.0	1.4	2.5	3.7	4.8	5.7	6.1	5.4	4.7	2.5	1.4	1.1
1.0	1.4	2.6	3.4	4.4	4.9	6.7	6.3	5.0	3.0	1.6	1.0
1.1	1.4	2.1	3.5	5.2	6.4	6.4	6.4	4.7	2.2	1.6	1.1
1.0	1.5	2.1	3.7	4.2	6.1	6.5	6.0	4.7	2.5	1.5	1.1
1.3	1.8	2.5	3.2	4.5	6.8	6.9	6.3	4.3	2.8	1.9	1.1
1.1	1.7	2.7	3.9	5.5	6.4	6.0	6.0	4.0	2.7	1.5	1.1
1.3	1.7	2.7	3.4	4.0	6.2	5.7	5.3	4.6	2.8	1.3	1.2
1.0	1.5	2.3	3.5	4.4	5.9	7.0	6.0	4.6	2.6	1.3	1.1
1.1	1.7	2.8	3.8	4.3	6.3	6.8	6.4	5.0	3.2	1.5	1.1
1.1	1.4	2.3	3.1	5.5	6.3	7.3	5.9	4.0	2.8	1.6	1.2
1.0	1.6	2.7	3.7	5.1	6.6	6.5	5.8	4.5	2.0	1.4	1.0
0.9	1.5	2.7	3.5	4.3	5.2	6.2	6.1	4.9	2.7	1.4	1.3
1.2	1.8	2.7	3.3	5.1	6.5	7.3	5.7	4.3	2.7	1.4	0.9
1.0	1.8	2.7	3.0	5.0	6.2	7.0	6.4	4.5	2.4	1.5	1.0
1.0	1.4	2.2	3.6	5.7	6.9	6.9	6.2	4.3	2.6	1.7	1.1
1.1	1.8	3.2	4.1	5.1	5.8	7.3	5.9	4.4	2.4	1.5	1.0
1.1	1.6	2.6	3.4	4.0	6.2	7.3	5.9	3.8	2.5	1.5	1.2
1.2	1.8	2.9	3.7	4.9	6.8	7.1	6.0	4.0	2.7	1.5	1.1
1.1	1.6	2.9	4.9	6.3	7.2	7.7	7.1	4.3	3.5	1.4	1.1
1.0	1.8	2.6	3.6	5.4	6.5	7.6	6.2	4.4	3.4	1.8	1.1
1.2	2.1	3.3	4.7	5.7	6.2	7.1	6.4	5.2	2.8	1.6	1.2
1.2	2.0	3.6	4.1	5.2	7.5	7.9	6.4	4.7	3.2	2.1	1.5

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

Ficheiro precipitação para Évora: período observado (1971 – 2000)

EvoraObservados_PRE - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

1

30 1 12

1971

172.4	4.3	30.2	131.7	121.2	49.9	27.5	2.3	2.4	5.5	6.9	41.4
130.8	154.5	80.4	13.2	21.9	2.9	3.1	0.0	43.6	124.0	48.5	104.3
101.4	23.1	23.4	13.2	63.9	16.4	6.6	0.0	9.4	35.1	41.4	85.5
66.3	94.0	51.6	53.8	28.4	37.5	0.0	0.0	2.0	12.4	57.9	16.5
59.6	81.1	138.7	30.2	67.2	4.7	0.0	0.0	30.4	18.5	15.9	77.7
35.2	64.1	39.0	86.0	8.4	15.6	1.0	19.2	49.7	87.7	84.0	144.2
142.9	167.9	18.1	14.5	7.9	50.7	72.9	1.3	25.5	105.8	57.6	213.9
36.7	182.9	58.1	97.5	41.9	20.6	0.0	0.0	61.3	40.2	51.7	238.6
130.3	145.6	84.0	62.4	4.8	42.2	42.1	0.0	10.0	216.6	16.3	13.1
33.3	50.8	71.4	21.8	39.7	3.0	0.2	10.5	49.5	51.0	51.1	4.1
3.2	27.7	76.6	75.3	29.2	3.7	0.3	0.1	39.7	26.7	3.6	185.0
72.6	53.8	29.3	57.3	6.8	8.9	4.8	25.2	52.4	17.8	90.4	45.9
0.6	36.6	9.2	77.6	41.8	10.6	0.7	0.3	39.2	26.8	226.5	99.1
31.8	10.9	92.2	70.8	55.1	63.6	1.2	0.7	4.0	80.3	121.6	100.1
215.9	142.5	13.6	88.4	48.4	15.0	2.3	0.0	2.7	2.0	114.4	83.4
48.4	173.2	18.5	73.7	24.3	2.5	0.0	0.8	68.6	39.7	44.5	36.0
115.6	89.7	19.7	82.7	3.6	1.2	5.8	22.8	29.3	136.3	37.7	159.0
159.2	25.8	3.4	37.1	63.4	103.0	39.7	0.0	2.8	83.8	58.7	10.1
38.3	47.2	39.1	63.4	105.7	0.2	0.0	16.0	33.6	101.1	214.4	229.2
47.4	14.9	32.2	90.1	9.8	1.0	0.0	0.1	5.5	181.9	89.6	28.3
30.5	63.6	87.7	20.5	0.0	20.7	0.4	0.9	24.3	42.2	14.9	48.6
23.2	22.5	13.1	58.9	50.2	46.1	0.2	5.8	21.4	59.6	5.6	88.0
23.6	40.9	30.0	63.9	81.2	11.5	0.0	8.3	44.4	156.7	95.3	7.6
78.2	96.6	4.7	27.0	96.5	0.0	0.0	0.3	0.6	56.0	64.1	37.3
43.0	49.9	16.6	21.9	18.4	7.6	16.5	0.0	43.0	13.5	175.1	232.4

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Ficheiro precipitação para Évora: cenário RCP 4.5 (2071 – 2100)

30	1	12									
106.0	4.5	31.4	90.8	68.7	36.8	13.4	2.2	2.2	5.0	6.0	32.3
122.7	91.1	78.8	15.9	17.2	1.9	0.0	0.0	44.8	111.6	88.3	227.0
148.1	21.0	13.5	11.5	62.3	14.7	14.9	0.0	6.2	20.7	3.6	101.5
47.8	185.9	93.6	11.1	23.3	35.9	0.0	0.0	0.9	9.2	23.3	5.7
46.7	106.9	91.7	21.2	45.4	1.8	0.0	0.0	22.7	21.7	18.9	109.6
42.8	114.3	42.4	42.2	6.4	18.1	0.3	22.6	41.5	75.3	86.4	176.1
64.6	208.6	16.3	13.3	7.6	0.0	0.0	0.3	21.1	42.6	56.5	237.6
48.0	186.2	51.3	134.6	30.1	27.1	0.0	0.0	63.0	28.9	48.8	269.9
208.8	207.0	35.9	59.1	3.1	21.0	100.6	0.0	6.8	278.3	20.8	16.0
57.5	32.4	34.5	2.0	13.8	3.6	0.1	4.1	42.5	33.5	28.4	5.6
4.2	66.6	174.3	98.1	8.5	1.0	0.0	0.0	20.0	19.0	2.8	262.4
38.3	26.6	28.0	48.4	4.6	2.2	2.7	0.0	57.1	2.8	114.1	36.4
0.8	71.4	5.4	37.5	24.7	8.0	0.0	0.2	70.0	30.6	231.6	140.5
60.7	9.0	103.4	72.6	65.4	10.8	0.8	1.3	0.7	65.4	130.6	128.0
183.9	90.8	9.9	76.6	39.3	7.1	2.2	0.0	2.7	1.7	121.2	77.1
57.1	225.9	14.5	39.1	10.9	1.9	0.0	1.1	0.0	37.7	63.2	37.9
91.5	147.2	12.3	70.4	3.0	0.6	0.0	1.0	12.2	213.2	38.4	30.0
151.0	26.7	2.5	39.5	49.8	102.2	32.4	0.0	3.6	55.5	51.1	12.7
59.8	44.7	55.2	19.1	100.8	0.1	0.0	19.1	23.5	60.5	197.1	169.5
58.5	7.6	31.1	96.5	1.7	0.2	0.0	0.1	4.0	0.0	63.4	37.7
37.0	72.0	56.1	19.1	0.0	7.5	0.2	0.0	40.4	24.3	10.5	55.4
24.0	27.4	6.4	53.6	34.4	47.5	0.2	7.5	19.5	55.0	6.6	105.3
27.4	44.2	28.0	28.1	69.4	9.9	0.0	6.7	28.6	58.0	106.4	9.7
117.7	111.8	4.3	20.4	57.7	0.0	0.0	0.0	0.3	59.2	66.5	28.4
22.9	31.9	20.9	19.4	13.8	2.6	0.5	0.0	38.1	11.7	159.3	70.3

Ficheiro precipitação para Évora: cenário RCP 8.5 (2071 – 2100)

30	1	12									
109.7	1.7	25.7	62.7	109.4	38.2	21.8	1.2	2.2	5.8	8.1	36.7
153.8	122.4	55.5	9.6	0.0	0.0	0.1	0.0	35.0	109.9	38.4	173.2
99.6	29.5	36.4	12.4	69.7	13.5	0.0	0.0	4.7	16.0	39.8	98.7
67.1	94.0	65.0	58.1	13.1	18.9	0.0	0.0	1.8	6.7	12.6	14.4
30.1	61.5	192.0	13.3	42.1	0.8	0.0	0.0	30.6	6.9	18.2	108.9
46.2	69.2	30.1	0.0	5.0	11.1	0.1	11.3	42.4	90.8	64.6	179.0
71.2	117.6	12.2	8.0	3.9	0.0	0.0	0.7	9.2	73.4	70.8	169.9
17.8	204.3	59.2	4.8	15.6	12.4	0.0	0.0	0.0	22.1	47.2	149.0
94.4	200.0	83.6	44.6	1.0	21.2	10.7	0.0	7.4	136.1	18.2	12.7
45.7	87.8	84.2	10.0	41.4	1.0	0.1	0.5	70.6	45.5	72.3	6.2
1.4	17.5	44.4	38.0	20.5	0.0	0.1	0.0	16.1	11.6	4.7	292.4
47.6	34.8	32.3	39.1	5.2	2.7	2.7	9.4	31.2	4.8	36.1	30.1
0.4	31.2	11.9	30.4	42.9	7.6	0.0	0.2	51.2	26.8	157.9	77.4
45.4	16.8	29.7	47.0	0.0	21.7	0.7	0.0	0.6	61.4	106.4	151.3
179.6	42.5	0.0	36.5	23.9	5.3	0.5	0.0	1.6	1.0	53.8	68.2
59.3	122.4	22.5	40.4	17.1	1.9	0.0	0.4	41.3	38.4	36.0	39.0
143.6	45.7	16.2	62.5	3.2	0.3	8.5	22.3	54.8	149.4	45.2	69.4
175.1	28.0	4.1	26.2	44.9	65.5	53.6	0.0	4.3	44.6	66.3	10.6
68.8	28.1	32.6	58.6	33.0	0.1	0.0	0.4	27.6	81.8	233.3	162.4
63.1	8.3	26.8	129.3	1.7	0.5	0.0	0.1	3.2	41.9	72.4	30.0
42.1	103.5	108.1	19.2	0.0	15.8	0.1	13.3	1.8	10.7	6.8	54.9
29.1	27.4	9.9	30.4	19.6	11.8	0.2	3.2	15.2	25.6	5.6	103.8
45.6	47.2	25.3	46.9	49.8	3.8	0.0	0.0	2.8	49.5	46.8	4.5
62.1	52.7	5.8	21.7	52.1	0.0	0.0	1.0	0.5	42.0	76.2	28.4
69.6	52.4	11.1	9.5	2.5	0.0	2.2	0.0	6.1	11.8	228.1	166.8

Simulação da cultura da alface para o período de 1971 – 2000 com as datas atuais

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.29	2.5	1988	147.00	1971
6.5	0.50	4.4	1973	176.40	1993
9.7	0.50	4.4	1982	205.80	1988
12.9	0.51	4.4	1997	205.91	1997
16.1	0.52	4.5	1983	207.59	1978
19.4	0.52	4.5	1977	235.20	1981
22.6	0.56	4.8	1971	235.20	1985
25.8	0.57	4.9	1972	235.20	1996
29.0	0.57	4.9	2000	235.20	1998
32.3	0.58	5.0	1994	264.60	1984
35.5	0.59	5.1	1976	264.60	1995
38.7	0.59	5.1	1979	264.60	1999
41.9	0.60	5.2	1985	265.65	1974
45.2	0.60	5.2	1999	294.00	1979
48.4	0.60	5.2	1995	294.00	1980
51.6	0.62	5.3	1991	294.00	1983
54.8	0.62	5.4	1981	294.00	1989
58.1	0.62	5.4	1996	294.00	1994
61.3	0.62	5.4	1998	297.42	1973
64.5	0.62	5.4	1993	323.40	1972
67.7	0.63	5.4	1984	323.40	1975
71.0	0.64	5.5	1980	323.40	1977
74.2	0.64	5.6	1975	323.40	1982

Simulação da cultura do tomate para o período de 1971 – 2000 com as datas atuais

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.56	4.8	1988	274.40	1971
6.5	0.59	5.1	1982	274.40	1988
9.7	0.60	5.1	1983	274.40	1997
12.9	0.60	5.2	1997	329.28	1973
16.1	0.62	5.4	1977	329.28	1983
19.4	0.64	5.5	1973	329.28	1993
22.6	0.64	5.5	1971	329.28	1995
25.8	0.65	5.7	1972	384.16	1974
29.0	0.66	5.7	2000	384.16	1977
32.3	0.66	5.7	1994	384.16	1978
35.5	0.68	5.9	1979	384.16	1980
38.7	0.69	6.0	1985	384.16	1981
41.9	0.69	6.0	1999	384.16	1982
45.2	0.70	6.0	1995	384.16	1984
48.4	0.71	6.2	1991	384.16	1985
51.6	0.72	6.2	1981	384.16	1996
54.8	0.72	6.2	1996	384.16	1998
58.1	0.72	6.2	1998	384.16	1999
61.3	0.72	6.2	1993	384.16	2000
64.5	0.72	6.2	1976	395.61	1994
67.7	0.72	6.3	1984	439.04	1972
71.0	0.74	6.4	1980	439.04	1975

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Simulação da cultura do milho para o período de 1971 – 2000 com as datas atuais

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.58	5.0	1977	259.46	1988
6.5	0.59	5.1	1979	278.04	1971
9.7	0.59	5.1	1988	330.49	1984
12.9	0.60	5.1	1971	355.44	1997
16.1	0.63	5.5	1983	362.48	1977
19.4	0.64	5.6	1982	364.37	1993
22.6	0.67	5.8	1972	384.74	1978
25.8	0.68	5.8	1973	385.67	1983
29.0	0.72	6.2	1987	390.11	1985
32.3	0.74	6.4	1980	393.88	1979
35.5	0.74	6.4	1985	405.12	1989
38.7	0.75	6.5	1991	415.75	1974
41.9	0.76	6.5	1984	415.80	1992
45.2	0.76	6.6	1981	424.84	1973
48.4	0.76	6.6	1994	429.36	1975
51.6	0.77	6.6	1997	434.51	1994
54.8	0.77	6.7	1976	435.55	1996
58.1	0.77	6.7	1975	444.17	1980
61.3	0.77	6.7	1978	445.72	1987
64.5	0.78	6.7	1995	447.75	1972
67.7	0.79	6.8	1993	450.77	1982
71.0	0.80	6.9	1992	461.61	1981
74.2	0.80	6.9	1990	461.77	1998
77.4	0.81	7.0	1974	472.69	2000
80.6	0.81	7.0	1986	477.91	1986
83.9	0.81	7.0	1989	481.08	1976

Simulação da cultura da vinha para o período de 1971 – 2000 com as datas atuais

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.34	3.0	1971	217.92	1988
6.5	0.36	3.1	1977	226.74	1997
9.7	0.36	3.1	1983	246.14	1993
12.9	0.36	3.1	1982	256.56	1971
16.1	0.37	3.2	1972	279.27	1977
19.4	0.39	3.4	1988	280.66	1978
22.6	0.41	3.5	1987	289.11	1989
25.8	0.41	3.6	1979	290.09	1984
29.0	0.42	3.6	1985	300.68	1983
32.3	0.43	3.7	1984	301.83	1996
35.5	0.43	3.7	1991	308.59	1992
38.7	0.43	3.7	1973	314.05	1982
41.9	0.43	3.8	1978	322.00	1979
45.2	0.43	3.8	1995	324.97	1998
48.4	0.44	3.8	1981	337.25	1976
51.6	0.44	3.8	1997	344.42	1975
54.8	0.44	3.8	1994	344.69	1986
58.1	0.44	3.8	1976	353.22	1972
61.3	0.44	3.8	1993	355.54	1980
64.5	0.44	3.8	1975	359.03	1981
67.7	0.45	3.9	1990	359.61	1987
71.0	0.45	3.9	1980	362.81	1973
74.2	0.45	3.9	1974	366.28	1985
77.4	0.45	3.9	1986	368.57	1974

Simulação da cultura da alface cenário RCP 4.5 com datas atuais

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.51	4.4	2071	235.20	2071
6.5	0.54	4.7	2083	235.20	2078
9.7	0.54	4.7	2073	264.60	2093
12.9	0.55	4.8	2088	294.00	2084
16.1	0.58	5.0	2082	294.00	2088
19.4	0.58	5.0	2079	294.00	2097
22.6	0.60	5.2	2100	323.40	2073
25.8	0.60	5.2	2077	323.40	2081
29.0	0.61	5.3	2097	323.40	2085
32.3	0.62	5.4	2072	323.40	2096
35.5	0.64	5.5	2085	323.40	2099
38.7	0.64	5.5	2094	352.80	2072
41.9	0.65	5.6	2093	352.80	2074
45.2	0.66	5.7	2099	352.80	2079
48.4	0.66	5.7	2098	352.80	2089
51.6	0.66	5.7	2081	352.80	2095
54.8	0.67	5.8	2080	352.80	2098
58.1	0.67	5.8	2084	382.20	2083
61.3	0.67	5.8	2096	382.20	2090
64.5	0.67	5.8	2091	382.20	2091
67.7	0.68	5.9	2095	382.20	2094
71.0	0.69	5.9	2076	411.60	2077
74.2	0.69	6.0	2090	411.60	2092
77.4	0.69	6.0	2078	411.60	2100
80.6	0.69	6.0	2092	411.60	2075

Simulação da cultura do tomate cenário RCP 4.5 com datas atuais

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.62	5.3	2071	329.28	2071
6.5	0.68	5.9	2088	329.28	2073
9.7	0.68	5.9	2079	329.28	2097
12.9	0.68	5.9	2073	384.16	2078
16.1	0.69	5.9	2083	384.16	2084
19.4	0.70	6.1	2100	384.16	2088
22.6	0.71	6.1	2097	384.16	2093
25.8	0.71	6.1	2077	384.16	2099
29.0	0.72	6.2	2072	439.04	2072
32.3	0.73	6.3	2082	439.04	2079
35.5	0.73	6.3	2094	439.04	2082
38.7	0.74	6.4	2085	439.04	2083
41.9	0.75	6.4	2093	439.04	2085
45.2	0.76	6.5	2099	439.04	2089
48.4	0.76	6.6	2098	439.04	2095
51.6	0.76	6.6	2081	439.04	2096
54.8	0.77	6.6	2080	439.04	2098
58.1	0.77	6.6	2084	439.04	2100
61.3	0.77	6.7	2096	460.45	2094
64.5	0.77	6.7	2091	493.92	2074
67.7	0.79	6.8	2095	493.92	2076
71.0	0.79	6.8	2076	493.92	2077
74.2	0.80	6.9	2090	493.92	2081
77.4	0.80	6.9	2078	493.92	2090
80.6	0.80	6.9	2092	493.92	2091
83.9	0.82	7.1	2075	493.92	2092

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Simulação da cultura do milho cenário RCP 4.5 com datas atuais

Simulação_milho_A_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.63	5.4	2088	299.94	2088
6.5	0.65	5.6	2079	318.22	2071
9.7	0.66	5.7	2071	387.14	2079
12.9	0.68	5.9	2073	389.83	2084
16.1	0.69	5.9	2083	413.48	2078
19.4	0.70	6.1	2082	432.47	2097
22.6	0.74	6.4	2077	433.62	2089
25.8	0.75	6.5	2072	443.42	2093
29.0	0.77	6.7	2080	465.04	2073
32.3	0.79	6.8	2085	465.05	2085
35.5	0.80	6.9	2078	471.88	2092
38.7	0.81	7.0	2084	476.21	2083
41.9	0.81	7.0	2081	486.07	2072
45.2	0.81	7.0	2087	494.72	2074
48.4	0.83	7.2	2093	504.71	2081
51.6	0.83	7.2	2091	513.22	2087
54.8	0.84	7.3	2075	513.69	2075
58.1	0.85	7.3	2076	516.31	2082
61.3	0.86	7.4	2097	516.51	2077
64.5	0.86	7.5	2092	518.16	2094
67.7	0.86	7.5	2090	524.95	2096
71.0	0.88	7.6	2089	527.71	2080
74.2	0.88	7.6	2094	529.08	2076
77.4	0.90	7.8	2074	534.63	2090
80.6	0.91	7.8	2100	560.29	2100

Simulação da cultura da vinha cenário RCP 4.5 com datas atuais

Simulação_vinha_A_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.37	3.2	2071	213.42	2088
6.5	0.40	3.5	2072	254.17	2071
9.7	0.41	3.5	2077	266.73	2097
12.9	0.41	3.5	2088	293.95	2079
16.1	0.41	3.6	2079	299.32	2078
19.4	0.44	3.8	2078	302.35	2084
22.6	0.44	3.8	2082	317.75	2093
25.8	0.44	3.8	2080	317.79	2092
29.0	0.44	3.8	2073	322.10	2089
32.3	0.45	3.9	2084	333.29	2083
35.5	0.45	3.9	2083	358.55	2073
38.7	0.45	3.9	2085	364.96	2085
41.9	0.46	4.0	2087	365.98	2096
45.2	0.46	4.0	2081	374.95	2072
48.4	0.47	4.0	2091	378.65	2076
51.6	0.48	4.1	2074	401.45	2082
54.8	0.48	4.1	2092	402.81	2094
58.1	0.48	4.2	2076	403.48	2074
61.3	0.48	4.2	2086	403.82	2075
64.5	0.48	4.2	2094	404.61	2087
67.7	0.49	4.2	2097	407.47	2081
71.0	0.49	4.2	2093	409.84	2098
74.2	0.50	4.3	2089	415.84	2077
77.4	0.50	4.3	2100	429.36	2090
80.6	0.50	4.3	2075	436.10	2080
83.9	0.50	4.3	2090	443.79	2099
87.1	0.51	4.4	2095	446.52	2091

Simulação da cultura da alface cenário RCP 8.5 com datas atuais

ANÁLISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.45	3.9	2088	205.80	2071
6.5	0.58	5.0	2083	323.40	2073
9.7	0.60	5.1	2082	323.40	2093
12.9	0.64	5.5	2072	352.80	2080
16.1	0.65	5.6	2071	352.80	2088
19.4	0.66	5.7	2073	382.20	2078
22.6	0.66	5.7	2079	382.20	2079
25.8	0.66	5.7	2097	382.20	2083
29.0	0.67	5.8	2094	382.20	2089
32.3	0.68	5.8	2099	382.20	2097
35.5	0.68	5.9	2085	411.60	2072
38.7	0.69	6.0	2096	411.60	2094
41.9	0.69	6.0	2077	411.60	2074
45.2	0.70	6.1	2076	411.60	2075
48.4	0.70	6.1	2087	411.60	2081
51.6	0.71	6.1	2095	411.60	2090
54.8	0.71	6.1	2078	411.60	2096
58.1	0.71	6.1	2098	441.00	2091
61.3	0.71	6.1	2100	441.00	2098
64.5	0.71	6.2	2080	441.00	2082
67.7	0.71	6.2	2075	441.00	2086
71.0	0.72	6.2	2084	441.00	2099
74.2	0.72	6.2	2090	441.00	2100
77.4	0.72	6.2	2081	470.40	2077
80.6	0.72	6.2	2086	470.40	2085

Simulação da cultura do tomate cenário RCP 8.5 com datas atuais

simulação_tomate_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.58	5.0	2088	329.28	2071
6.5	0.67	5.8	2083	384.52	2088
9.7	0.70	6.1	2082	439.04	2073
12.9	0.73	6.3	2072	439.04	2093
16.1	0.75	6.4	2071	439.04	2097
19.4	0.76	6.5	2073	445.77	2083
22.6	0.76	6.6	2097	493.92	2072
25.8	0.77	6.6	2079	493.92	2074
29.0	0.77	6.7	2094	493.92	2079
32.3	0.78	6.7	2099	493.92	2080
35.5	0.79	6.8	2085	493.92	2081
38.7	0.80	6.9	2096	493.92	2082
41.9	0.80	6.9	2077	493.92	2089
45.2	0.81	7.0	2087	493.92	2090
48.4	0.81	7.0	2095	493.92	2096
51.6	0.81	7.0	2078	493.92	2100
54.8	0.81	7.0	2098	495.57	2078
58.1	0.81	7.0	2100	513.58	2094
61.3	0.82	7.1	2080	513.63	2098
64.5	0.82	7.1	2075	548.80	2075
67.7	0.82	7.1	2084	548.80	2086
71.0	0.82	7.1	2090	548.80	2091
74.2	0.83	7.1	2081	548.80	2099
77.4	0.83	7.1	2086	557.36	2085
80.6	0.83	7.1	2093	557.68	2084
83.9	0.83	7.2	2091	558.67	2077
87.1	0.84	7.2	2074	568.62	2092
90.3	0.84	7.2	2089	603.68	2087

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Simulação da cultura do milho cenário RCP 8.5 com datas atuais

Simulação_milhoA_8_5_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.67	5.8	2088	347.62	2071
6.5	0.71	6.1	2071	379.21	2088
9.7	0.74	6.4	2083	474.26	2073
12.9	0.76	6.5	2082	483.53	2083
16.1	0.76	6.6	2072	497.96	2074
19.4	0.77	6.7	2079	523.73	2080
22.6	0.79	6.8	2073	527.25	2093
25.8	0.79	6.9	2077	532.07	2097
29.0	0.81	7.0	2087	536.89	2077
32.3	0.85	7.3	2080	537.78	2078
35.5	0.88	7.6	2074	541.61	2079
38.7	0.88	7.6	2078	546.41	2090
41.9	0.88	7.6	2091	547.76	2075
45.2	0.89	7.6	2085	552.21	2087
48.4	0.89	7.6	2081	557.49	2072
51.6	0.89	7.7	2090	560.24	2084
54.8	0.89	7.7	2076	563.93	2092
58.1	0.90	7.7	2097	564.02	2094
61.3	0.90	7.8	2094	566.90	2082
64.5	0.90	7.8	2084	567.62	2085
67.7	0.91	7.9	2075	569.31	2089
71.0	0.93	8.0	2092	579.24	2081
74.2	0.93	8.0	2089	595.37	2086
77.4	0.94	8.1	2086	598.84	2096
80.6	0.94	8.1	2093	603.73	2091

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

Simulação da cultura da vinha cenário RCP 8.5 com datas atuais

Simulação_vinha_A_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANÁLISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.38	3.3	2071	255.50	2071
6.5	0.42	3.6	2083	274.87	2088
9.7	0.43	3.7	2088	361.63	2083
12.9	0.45	3.9	2073	378.91	2073
16.1	0.46	4.0	2080	379.74	2097
19.4	0.46	4.0	2072	387.01	2093
22.6	0.46	4.0	2079	399.81	2080
25.8	0.47	4.0	2077	400.72	2087
29.0	0.48	4.2	2082	410.30	2074
32.3	0.48	4.2	2087	425.06	2075
35.5	0.49	4.2	2085	427.70	2089
38.7	0.49	4.3	2090	428.17	2084
41.9	0.49	4.3	2078	436.72	2072
45.2	0.50	4.3	2097	443.56	2082
48.4	0.50	4.3	2076	444.67	2092
51.6	0.51	4.4	2081	444.86	2096
54.8	0.51	4.4	2074	446.93	2078
58.1	0.51	4.4	2094	448.98	2079
61.3	0.51	4.4	2084	449.56	2094
64.5	0.51	4.4	2086	450.00	2081
67.7	0.51	4.4	2093	450.11	2086
71.0	0.52	4.5	2091	450.96	2085
74.2	0.52	4.5	2075	454.22	2090
77.4	0.53	4.5	2089	458.58	2077
80.6	0.53	4.6	2092	477.67	2100
83.9	0.54	4.6	2096	484.16	2076

Simulação da cultura da alface cenário RCP 4.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.31	2.7	2088	117.60	2078
6.5	0.38	3.3	2078	147.00	2071
9.7	0.43	3.7	2074	147.00	2093
12.9	0.44	3.8	2097	176.40	2081
16.1	0.44	3.8	2071	176.40	2084
19.4	0.50	4.3	2092	176.40	2085
22.6	0.54	4.7	2084	176.40	2088
25.8	0.55	4.8	2072	176.40	2097
29.0	0.56	4.8	2098	205.80	2079
32.3	0.56	4.9	2093	205.80	2089
35.5	0.56	4.9	2085	205.80	2095
38.7	0.58	5.0	2090	205.80	2096
41.9	0.59	5.1	2100	205.80	2098
45.2	0.59	5.1	2080	205.80	2099
48.4	0.59	5.1	2081	235.20	2072
51.6	0.59	5.1	2079	235.20	2073
54.8	0.61	5.2	2095	235.20	2074
58.1	0.61	5.3	2089	235.20	2083
61.3	0.61	5.3	2094	235.20	2090
64.5	0.62	5.3	2086	235.20	2091
67.7	0.62	5.4	2099	264.60	2075
71.0	0.64	5.5	2087	264.60	2076
74.2	0.64	5.5	2077	264.60	2077
77.4	0.65	5.6	2073	264.60	2082
80.6	0.65	5.6	2083	264.60	2094

Simulação da cultura do tomate RCP 4.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.53	4.6	2071	219.52	2071
6.5	0.54	4.7	2088	219.52	2093
9.7	0.55	4.7	2097	219.52	2097
12.9	0.65	5.6	2078	274.40	2073
16.1	0.67	5.8	2085	274.40	2078
19.4	0.67	5.8	2084	274.40	2084
22.6	0.68	5.9	2093	274.40	2085
25.8	0.68	5.9	2100	274.40	2088
29.0	0.69	5.9	2079	329.28	2079
32.3	0.69	6.0	2081	329.28	2081
35.5	0.71	6.1	2072	329.28	2089
38.7	0.72	6.2	2098	329.28	2095
41.9	0.73	6.3	2094	329.28	2096
45.2	0.73	6.3	2077	329.28	2098
48.4	0.74	6.4	2080	329.28	2099
51.6	0.74	6.4	2073	384.16	2072
54.8	0.75	6.5	2083	384.16	2074
58.1	0.75	6.5	2092	384.16	2077
61.3	0.75	6.5	2099	384.16	2082
64.5	0.75	6.5	2089	384.16	2083
67.7	0.76	6.5	2074	384.16	2090
71.0	0.76	6.6	2096	384.16	2092
74.2	0.77	6.6	2095	384.16	2094
77.4	0.77	6.7	2091	384.29	2100
80.6	0.79	6.8	2086	439.04	2075

Definição de medidas de adaptação relativas à gestão da rega para diferentes cenários de alterações climáticas

Simulação da cultura do milho RCP 4.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

Simulação_milho_A_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANALISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA Caudal		Ano	NECESSIDADES ANUAIS Consumo	
	(l/s/ha)	(mm/dia)		Ano	(mm)
3.2	0.53	4.6	2088	213.58	2088
6.5	0.57	4.9	2071	220.02	2071
9.7	0.65	5.6	2072	241.20	2084
12.9	0.68	5.9	2073	275.35	2078
16.1	0.68	5.9	2079	306.52	2079
19.4	0.68	5.9	2080	321.38	2089
22.6	0.69	5.9	2085	321.42	2093
25.8	0.69	6.0	2077	334.39	2085
29.0	0.69	6.0	2078	350.23	2092
32.3	0.70	6.1	2084	366.51	2075
35.5	0.72	6.2	2093	371.62	2072
38.7	0.73	6.3	2097	372.60	2074
41.9	0.73	6.3	2075	384.87	2073
45.2	0.75	6.5	2087	385.76	2096
48.4	0.75	6.5	2092	386.40	2097
51.6	0.75	6.5	2090	392.29	2090
54.8	0.76	6.6	2081	392.74	2081
58.1	0.76	6.6	2089	405.92	2076
61.3	0.76	6.6	2094	410.36	2083
64.5	0.77	6.7	2074	415.47	2080

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

Simulação da cultura da vinha RCP 4.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

Simulação_vinha_A_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANALISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA Caudal		Ano	NECESSIDADES ANUAIS Consumo	
	(l/s/ha)	(mm/dia)		Ano	(mm)
3.2	0.36	3.1	2071	153.82	2088
6.5	0.37	3.2	2088	168.59	2071
9.7	0.40	3.5	2073	194.75	2084
12.9	0.41	3.5	2077	200.18	2079
16.1	0.41	3.6	2079	213.63	2078
19.4	0.42	3.6	2072	240.96	2089
22.6	0.43	3.7	2082	258.38	2093
25.8	0.43	3.7	2080	266.16	2097
29.0	0.44	3.8	2078	280.75	2085
32.3	0.44	3.8	2083	290.99	2092
35.5	0.44	3.8	2085	295.23	2073
38.7	0.45	3.9	2084	299.25	2074
41.9	0.46	4.0	2093	303.65	2081
45.2	0.46	4.0	2087	305.84	2096
48.4	0.46	4.0	2097	313.14	2083
51.6	0.46	4.0	2081	320.30	2072
54.8	0.47	4.0	2092	321.42	2075
58.1	0.47	4.1	2075	321.61	2076
61.3	0.47	4.1	2091	327.17	2090
64.5	0.47	4.1	2090	328.72	2100
67.7	0.48	4.1	2086	338.21	2087
71.0	0.48	4.1	2074	342.26	2082

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

Simulação da cultura da alface RCP 8.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

SIMULACAO_ALFACE_ANTICIPADA_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANALISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.06	0.5	2071	88.20	2071
6.5	0.45	3.9	2078	147.00	2093
9.7	0.54	4.7	2088	205.80	2073
12.9	0.60	5.2	2083	205.80	2080
16.1	0.61	5.3	2072	235.20	2074
19.4	0.62	5.4	2097	235.20	2088
22.6	0.63	5.4	2079	235.20	2089
25.8	0.64	5.5	2090	264.60	2075
29.0	0.64	5.5	2086	264.60	2078
32.3	0.65	5.6	2077	264.60	2079
35.5	0.65	5.6	2098	264.60	2090
38.7	0.65	5.6	2082	264.60	2094
41.9	0.66	5.7	2084	264.60	2096
45.2	0.66	5.7	2085	264.60	2097
48.4	0.66	5.7	2093	264.60	2100
51.6	0.67	5.8	2092	294.00	2072
54.8	0.67	5.8	2074	294.00	2077
58.1	0.67	5.8	2095	294.00	2081
61.3	0.67	5.8	2075	294.00	2082
64.5	0.68	5.9	2080	294.00	2083
67.7	0.68	5.9	2100	294.00	2086

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

Simulação da cultura do tomate RCP 8.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

SIMULACAO_TOMATE_ANTICIPADA_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANALISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA		Ano	NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (l/s/ha)	(mm/dia)		Consumo (mm)	Ano
3.2	0.59	5.1	2071	164.64	2071
6.5	0.63	5.4	2088	274.40	2093
9.7	0.68	5.9	2078	329.28	2073
12.9	0.69	6.0	2083	329.28	2088
16.1	0.73	6.3	2097	329.28	2097
19.4	0.73	6.3	2072	384.16	2074
22.6	0.73	6.3	2079	384.16	2078
25.8	0.75	6.5	2082	384.16	2079
29.0	0.76	6.6	2098	384.16	2080
32.3	0.78	6.7	2077	384.16	2081
35.5	0.78	6.7	2090	384.16	2083
38.7	0.79	6.8	2085	384.16	2089
41.9	0.79	6.8	2094	384.16	2090
45.2	0.79	6.8	2093	384.16	2094
48.4	0.79	6.8	2074	384.16	2096
51.6	0.79	6.8	2086	384.16	2098
54.8	0.80	6.9	2073	439.04	2072
58.1	0.81	7.0	2081	439.04	2075
61.3	0.81	7.0	2100	439.04	2077
64.5	0.81	7.0	2075	439.04	2082
67.7	0.81	7.0	2095	439.04	2086
71.0	0.82	7.1	2080	439.04	2099

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

Simulação da cultura do milho RCP 8.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

Simulação_milhoA_8_5_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANALISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (1/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.48	4.2	2088	222.73	2071
6.5	0.60	5.2	2071	296.61	2088
9.7	0.71	6.1	2073	367.10	2073
12.9	0.73	6.3	2079	374.38	2078
16.1	0.73	6.3	2077	386.95	2074
19.4	0.74	6.4	2072	388.76	2093
22.6	0.74	6.4	2078	396.34	2075
25.8	0.76	6.6	2083	408.02	2079
29.0	0.76	6.6	2074	413.50	2084
32.3	0.77	6.6	2084	414.72	2080
35.5	0.77	6.7	2075	415.55	2083
38.7	0.77	6.7	2080	417.29	2090
41.9	0.79	6.8	2090	434.39	2089
45.2	0.79	6.8	2097	438.39	2072
48.4	0.80	6.9	2085	446.81	2087
51.6	0.80	6.9	2082	447.76	2096
54.8	0.80	6.9	2092	455.25	2085
58.1	0.80	6.9	2086	457.83	2081
61.3	0.80	6.9	2093	460.31	2082
64.5	0.82	7.0	2091	461.66	2100
67.7	0.83	7.1	2089	464.02	2094
71.0	0.83	7.2	2096	466.85	2086

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI

Simulação da cultura da vinha RCP 8.5 (2071-2100) antecipando a data da sementeira

Simulação_vinha_A_SAI - Bloco de notas

Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda

ANALISE FREQUENCIAL
SÉRIES DAS NECESSIDADES ANUAIS E DO CAUDAL DE PONTA

FREQUENCIA (%)	NECESSIDADES NO PERÍODO DE PONTA			NECESSIDADES ANUAIS	
	Caudal (1/s/ha)	(mm/dia)	Ano	Consumo (mm)	Ano
3.2	0.36	3.1	2071	143.88	2071
6.5	0.40	3.4	2083	218.26	2088
9.7	0.41	3.5	2072	301.58	2073
12.9	0.42	3.7	2088	302.02	2074
16.1	0.43	3.7	2077	306.84	2093
19.4	0.45	3.9	2079	314.92	2083
22.6	0.45	3.9	2073	338.89	2078
25.8	0.46	4.0	2082	344.61	2079
29.0	0.47	4.0	2078	344.72	2084
32.3	0.47	4.1	2080	347.27	2080
35.5	0.48	4.1	2084	347.62	2090
38.7	0.48	4.1	2091	347.96	2075
41.9	0.48	4.1	2090	348.43	2089
45.2	0.48	4.1	2075	348.70	2081
48.4	0.48	4.2	2085	350.29	2100
51.6	0.48	4.2	2087	366.37	2072
54.8	0.48	4.2	2074	366.58	2096
58.1	0.49	4.2	2097	368.24	2087
61.3	0.50	4.3	2094	377.58	2097
64.5	0.50	4.3	2076	385.34	2082
67.7	0.50	4.4	2081	385.52	2085

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) ANSI