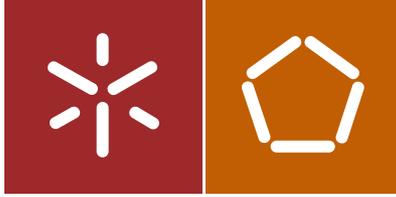




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Tânia Cláudia Santos Magalhães

Água e Alimentação no contexto
das Alterações Climáticas:
um caso de estudo - Região Norte



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Tânia Cláudia Santos Magalhães

Água e Alimentação no contexto
das Alterações Climáticas:
um caso de estudo - Região Norte

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Naim Haie

e co orientação do
Professor Doutor Francisco da Silva Costa

RESUMO

A consciencialização relativamente às alterações climáticas tem vindo a aumentar nos últimos anos. São cada vez mais evidentes estas alterações e os seus impactos. Os recursos hídricos e a agricultura são duas das várias áreas a sofrer estes impactos. A agricultura é totalmente dependente do clima e da água então significa que esta sofre seguramente um grande impacto com as alterações climáticas.

A população mundial tem aumentado e as suas dietas alimentares têm-se alterado, são cada vez mais à base de alimentos que consomem mais água para a sua produção. Para tentar abrandar este uso desmesurado dos recursos naturais surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, isto é, utilizar os recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais sem comprometer as gerações vindouras. Nesta linha de pensamento surgiu também o conceito de pegada de água que consiste na determinação do volume de água consumida, direta ou diretamente, e poluída para a produção de um produto, desenvolvimento de uma atividade, etc... A evapotranspiração cultural é a quantidade de água que uma planta consome para se desenvolver.

Este trabalho consiste portanto na análise do impacto que as alterações climáticas terão na agricultura, quer devido á mudança do clima como à disponibilidade de água.

O caso de estudo será a região norte de Portugal e incidirá sobre as seguintes culturas: batata, milho, vinha, olival, maçã e kiwi. Será estudado o RCP 6.0 do 5º relatório do IPCC que contém a variação da temperatura e da precipitação prevista entre 2016 e 2035. A evapotranspiração das culturas para 2035 será determinada através da equação de Hargreaves com base nas temperaturas previstas. Foram criados 4 cenários para estimar o volume de água que se poderá utilizar para cada cultura em 2035 e conseqüente produção agrícola.

Palavras-chave: água, alimentação, alterações climáticas e evapotranspiração.

ABSTRACT

In recent years, an awareness of climate change has been increasing. There have been more and more evidences of climate change and its impacts. Water resources and the agricultural setor are two of the many areas to suffer of its impacts. Agriculture is completely dependent on the weather and available water, which means that this setor suffers greatly with growing climate changes.

The world population has increased and peoples' diets have changed, being evermore based on foods that demand more water consumption for their production. To try to slow this disproportionate use of natural resources, the concept of sustainable development emerged, that is, a use of natural resources to meet current needs without compromising future generations. In this way of thinking, the concept of water footprint arose, which consists in determining the volume of water consumed, directly or indirectly, and polluted for the production of a product of a developing activity, etc... The crop evapotranspiration is the amount of water a plant consumes for its development.

This dissertation, therefore, consists of the analysis of the impact that climate change will have on agriculture, whether it be due to weather changes or water availability.

The dissertation's case study will be of the northern region of Portugal, and will focus on the following crops: potato, corn, vineyard, olive grove, apple and kiwi. The RCP 6.0 of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)'s Fifth Assessment Report will be studied which provides the variation of the predicted temperature and precipitation between 2016 and 2035. The 2035 crop evapotranspiration will be determined by the Hargreaves equation, based on the predicted temperatures. Four scenarios will be created to estimate the volume of water that one could use for each crop in 2035 and subsequent crop production.

Key-words: Water, food, climate change and evapotranspiration.

ÍNDICE

RESUMO	I
ABSTRACT	III
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICOS	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DO ESTADO DE ARTE	3
2.1. Água.....	3
2.1.1. Uso da água na agricultura.....	5
2.1.2. Impacto da agricultura na água e nos ecossistemas	6
2.1.3. Previsões da procura de água para a agricultura.....	7
2.1.4. Pegada de água.....	8
2.1.4.1. Conceito.....	9
2.2. Alterações climáticas.....	12
2.2.1. Causas e observações da mudança do clima.....	13
2.2.2. Impactos da mudança do clima.....	15
2.2.3. Cenários propostos no 5ºRelatório do IPCC.....	16
2.2.4. Riscos.....	17
2.2.4.1. Água doce	18
2.2.4.2. Produção e segurança alimentar	18
2.3. Alimentação.....	19
2.3.1. Situação atual e futura.....	19
2.4. Evapotranspiração	21
2.4.1. Fatores que influenciam a evapotranspiração	21
2.4.1.1. Condições atmosféricas ou climáticas.....	22

2.4.1.2. Características culturais.....	23
2.4.1.3. Outros fatores	23
2.4.2. Determinação da evapotranspiração	24
2.4.2.1. Evapotranspiração de referência.....	26
2.4.2.1.1. Método de Penman-Monteith.....	26
2.4.2.1.2. Método de Hargreaves	27
2.4.2.2. Evapotranspiração da cultura.....	28
3. METODOLOGIA APLICADA AO CASO DE ESTUDO.....	31
3.1 Enquadramento do caso de estudo ao tema.....	31
3.2. Culturas em análise	32
3.3. Necessidades hídricas de rega	34
3.3.1. Recenseamento Agrícola de 2009.....	34
3.3.1.1. Vinha e Olival	35
3.3.1.2. Batata e Milho	35
3.3.1.3. Maçã e Kiwi	36
3.3.2. “Uso da água na agricultura”	37
3.4. Evapotranspiração das culturas	40
3.5. Previsões climáticas	46
3.6. Previsões do volume de água de rega e produção agrícola.....	47
4. CONCLUSÕES.....	55
4.1. Trabalhos futuros.....	57
5. BIBLIOGRAFIA	58
6. SITES	62
7. ANEXOS	63
7.1. Anexo I.....	63
7.2. Anexo II.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICOS

Figura 1: Evolução do coeficiente de cultivo num ciclo cultural.....	29
Gráfico 1: Produção agrícola, em toneladas e percentagem, na Região Norte no ano de 2013	32
Gráfico 2: Produção agrícola do milho, da batata, da vinha e do olival de 1986 a 2013	33
Gráfico 3: Evolução da produção agrícola da maçã e do Kiwi de 1986 a 2013.....	33
Gráfico 4: Variação do volume de água e produção para 2035 em função da variação da precipitação e evapotranspiração.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Lucro em 2013 das culturas em estudo.....	34
Tabela 2: Volume de água de rega (m ³) da vinha e oliva, em 2013.....	35
Tabela 3: Volume de água de rega (m ³), em 2009, para culturas arvenses sem contabilizar a rega da horticultura extensiva.....	36
Tabela 4: Volume de água de rega (m ³) da batata e do milho, em 2013.....	36
Tabela 5: Volume de água de rega (m ³) do kiwi, em 2009.....	37
Tabela 6: Volume de água de rega (m ³) da maçã e do kiwi, em 2013.....	37
Tabela 7: Volume médio de água de rega por cultura.....	38
Tabela 8: Estimativa do volume de água de rega no ano 2013 com base na área regada de 1999.....	39
Tabela 9: Estimativa do volume de água de rega no ano 2013 com base na área regada de 2009.....	39
Tabela 10: Volume de água de rega (m ³) e produtividade da água (t/m ³) em 2013 com base em dados de 1999 e 2009.....	40
Tabela 11: Ciclo das culturas e coeficientes de cultivo.....	41
Tabela 12: Ciclo das culturas e coeficientes de cultivo.....	41
Tabela 13: Temperatura (máxima, mínima e média), precipitação e evapotranspiração de referência e cultural da batata, para o ano de 2013.....	41
Tabela 14: precipitação total e evapotranspiração cultural total do ciclo cultural de 2013.....	42
Tabela 15: Temperatura, precipitação e evapotranspiração ocorridas em 2013.....	43
Tabela 16: Variação da temperatura entre 2016 e 2035 segundo o RCP6.0.....	46
Tabela 17: Variação da precipitação entre 2016 e 2035 segundo o RCP6.0.....	46
Tabela 18: Previsão da temperatura (máxima, mínima e média), da precipitação e da evapotranspiração cultural da batata para 2035.....	47
Tabela 19: Previsão do volume de água e produção agrícola para o cenário 1.....	48
Tabela 20: Previsão do volume de água para o cenário 2, cenário 3 e cenário 4.....	48
Tabela 21: Previsão da produção agrícola para o cenário 2, cenário 3 e cenário 4.....	50
Tabela 22: Evapotranspiração de referência ocorrida nas 3 décadas de cada mês para determinação da evapotranspiração de referência total do mês para a batata, milho, vinha e olival.....	63

Tabela 23: Evapotranspiração de referência ocorrida nas 3 décadas de cada mês para determinação da evapotranspiração de referência total do mês para a maçã e o kiwi	64
Tabela 24: Temperatura, precipitação e evapotranspiração ocorridas em 2013	65
Tabela 25: Temperatura, precipitação e evapotranspiração previstas para 2035	66
Tabela 26: Diferença entre o método 1 e 2 relativamente à previsão do volume de água e a produção agrícola	67
Tabela 27: Diferença entre os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão do volume de água	68
Tabela 28: Diferença entre o cenário 1 e os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão do volume de água.....	68
Tabela 29: Diferença entre os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão da produção agrícola	68
Tabela 30: Diferença entre o cenário 1 e os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão da produção agrícola	69

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes problemáticas do século XXI é as alterações climáticas.

O ser humano é a única espécie que tem conseguido viver em todos os locais do planeta, desde aos mais quentes aos mais frios, desde as altitudes mais baixas as mais altas, isto porque tem uma capacidade de adaptação inigualável. É uma espécie em constante mutação de hábitos e nos últimos anos esta tem ocorrido a uma velocidade acelerada o que tem provocado alterações climáticas cada vez mais evidentes e com consequências mais devastadoras.

Os países desenvolvidos são os que mais têm contribuído para a mudança climática devido ao estilo de vida muito industrializado, desde a utilização frequente de meios de transporte com elevadas emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, até ao consumo diário de alimentos que necessitam de utilizar maior quantidade de água para serem produzidos. Porém são os países em desenvolvimento que mais sofrem os impactos negativos do aquecimento global uma vez que a maior parte deles têm um clima tropical ou subtropical e não têm meios para suportar estes impactos.

Alguns dos impactos têm ocorrido ao nível dos recursos hídricos por exemplo através da sua distribuição temporal e espacial irregular ou poluição dos mesmos, que consequentemente afetará a produção de alimento uma vez que sem água esta não existe. Como a Homem necessita obrigatoriamente de se alimentar para sobreviver isto torna-se um ciclo vicioso.

É necessário portanto tomar medidas para abrandar as alterações climáticas e mitigar os efeitos das mesmas que só acontecerá se a Humanidade se consciencializar sobre esta problemática.

Al Gore é um político, jornalista e ecologista que tem lutado para a consciencialização da problemática das alterações climáticas, recebendo em 2007 o Prémio Nobel da Paz juntamente com o IPCC pelo seu trabalho nesta consciencialização.

Esta dissertação está dividida em 4 capítulos

Capítulo 1 (presente capítulo): apresenta de uma forma geral os assuntos abordados na vigente dissertação bem como a forma como esta está estruturada.

Capítulo 2: consiste na revisão do estado de arte. Este contempla 4 subcapítulos: água, alterações climáticas, alimentação e evapotranspiração. Sobre a água é referida a sua distribuição global assim como os vários usos competitivos que tem, o seu uso na agricultura e o impacto desta na água e nos ecossistemas. Aborda também as previsões futuras da procura de água para a agricultura e o conceito de pegada de água. Relativamente às alterações climáticas aborda as causas e as observações da mudança do clima, os impactos que esta mudança tem causado. Consta também os 4 cenários propostos pelo 5º e último relatório do IPCC assim como os riscos previstos para os recursos de água doce e para a produção e segurança alimentar. No que concerne a alimentação é apresentada a situação atual e futura. Quanto a evapotranspiração são expostos os fatores que a influenciam e como esta pode ser determinada, diretamente, através do balanço hídrico, ou indiretamente através da evapotranspiração da cultura de referência, a qual pode ser determinada entre outras através método de Penman-Monteith e método de Hargreaves.

Capítulo 3: expõe a descrição da metodologia adotada para o estudo do caso de estudo (fontes de informação, suposições admitidas,...). Aborda também as temperaturas, precipitação e evapotranspiração das culturas, calculada através da equação de Hargreaves, para 2035. Os 4 cenários propostos para o volume de água que poderá ser utilizado para as culturas em estudo e as consequentes produções agrícolas.

Capítulo 4: consta as conclusões retiradas do estado de arte e do caso de estudo. Bem como os trabalhos futuras que poderão ser desenvolvidos futuramente sobre este tema.

2. REVISÃO DO ESTADO DE ARTE

2.1. Água

A água é o bem essencial á vida. No entanto, apesar de a Terra ser maioritariamente constituída por água a parcela disponível para o consumo humano é muito reduzida.

“O volume total de água na Terra é de cerca de 1.400 milhões de km^3 dos quais 2,5%, ou seja, 35 milhões de km^3 é água doce. A maior parte da água doce está sob a forma de gelo, seja em neve ou em icebergs, e localiza-se maioritariamente na Antártida e Gronelândia ou em lençóis freáticos a grandes profundidades” (Cardoso, 2010).

“As principais fontes de água doce que o Homem utiliza, são lagos, rios, águas no solo e aquíferos subterrâneos. Destas fontes só se conseguem aproveitar cerca de 200.000km^3 , menos de 1% da água doce existente na Terra ou 0,01% da água do Planeta. Grande parte desta água disponível está longe das populações, complicando assim as questões relativas ao seu uso (Cardoso, 2010)”.

O ciclo da água é o movimento sucessivo de permuta de água entre a superfície terrestre e a atmosfera e é este que permite a restituição das fontes de água doce.

“O reabastecimento de água doce depende da evaporação da superfície dos oceanos que representa anualmente cerca de 505.000km^3 . O reabastecimento depende ainda da evaporação da água que se encontra no solo, cerca de 72.000km^3 . Sabendo que 80% da água das chuvas, cerca de $458.000 \text{ km}^3/\text{ano}$, precipita nos oceanos, sobram aproximadamente $119.000\text{km}^3/\text{ano}$ que precipitam no solo. Fazendo a diferença entre a água que precipita na superfície do solo e a água que evapora dessas mesmas superfícies anualmente (119.000km^3 menos 72.000km^3), obtém-se aproximadamente 47.000km^3 de água que anualmente se infiltra no solo restaurando os lençóis freáticos a grandes profundidades” (Cardoso, 2010).

“O aumento da população e a melhoria da qualidade de vida tem gerado preocupações sobre

uma potencial crise de água. Tal preocupação é sustentada pelos seguintes fatores (Cardoso, 2010):

- A população humana continua a crescer;
- O consumo de água está a ultrapassar o crescimento da população;
- A água disponível per capita está a diminuir;
- Existe menos água limpa e potável disponível no Mundo”.

Para além da água doce disponível ser um bem escasso esta também sofre vários usos competitivos (consumo humano, hidroenergia, agricultura, ...) e a sua distribuição no mundo e temporalmente não é equitativa. Tais factos tornam a gestão da água um processo difícil. As consequências que advêm do aquecimento global tornarão a gestão ainda mais difícil.

“As procuras de água pelo Homem são normalmente divididas em cinco setores principais (UN-Water reporte 4, 2012):

- Alimentação e agricultura, que representam a maioria das retiradas de água;
- Energia, para os quais as quantidades de água usada são raramente relatadas e portanto, são pouco conhecidos;
- Indústria, que cobre uma incrível gama de atividades geradoras de rendimentos com igual impacto sobre a quantidade e qualidade dos recursos hídricos locais e do meio ambiente;
- Povoamentos humanos, que inclui a água de beber e usos domésticos, como cozinhar, limpeza, higiene e alguns aspetos do saneamento e;
- Ecossistemas, cujas procuras de água são determinadas pelas necessidades de água e cujo intuito é manter ou restabelecer os benefícios para as pessoas/sociedade”.

Como a agricultura é o maior consumidor de água, consome cerca de 70% da água doce retirada no mundo e o alimento um elemento para perpetuação da vida humana torna-se necessário abordar a relação água-alimento.

2.1.1. Uso da água na agricultura

Um grande condicionante da agricultura é a água, uma vez que as culturas para se desenvolverem precisam desta. “A produtividade da terra irrigada é aproximadamente três vezes maior que a da terra de sequeiro. Investir no desenvolvimento da irrigação favorece a segurança contra chuvas irregulares e estabiliza a produção agrícola, aumentando a produtividade agrícola e permitindo a sua diversificação. Isso traduz-se em rendimentos maiores e menos voláteis” (FAO, 2005). “A água é portanto a chave para combater a insegurança alimentar. Globalmente, há água suficiente para as nossas necessidades futuras, mas essa imagem do mundo esconde grandes áreas de escassez de água absoluta que afeta milhões de pessoas, muitas das quais são pobres e desfavorecidos. As principais mudanças na política e administração, ao longo de toda a cadeia de produção agrícola, são necessários para assegurar a melhor utilização dos recursos de água disponível juntamente com a crescente procura por alimentos e outros produtos agrícolas” (UN-Water reporte 4, 2012).

“O setor agrícola como um todo tem uma grande pegada de água, quando comparado a outros setores, particularmente durante a fase de produção” (UN-Water reporte 4, 2012). “O crescimento pelo consumo de produtos agrícolas, principalmente produtos animais, aumenta a quantidade de água a despender para a agricultura e uma vez que esta também poluí a mesma, afeta a sua qualidade e conseqüentemente diminui a disponibilidade de água. Esta mudança na dieta é a maior de impacto sobre o consumo de água ao longo dos últimos 30 anos, e é provável que continue bem até ao meio do século XXI” (FAO, 2006, citado por UN-Water reporte 4, 2012).

“Apenas cerca de 20% do total de 7.130 km³ de consumo anual de água da agricultura é "água azul"-isto é, a água dos rios, córregos, lagos e águas subterrâneas para fins de irrigação. Apesar de a irrigação ser apenas uma pequena parte do consumo de água na agricultura, ela desempenha um papel crucial, corresponde a mais de 40% de produção mundial em menos de 20% da terra cultivada” (UN-Water reporte 4, 2012).

“De todos os setores que utilizam água doce, a agricultura na maioria dos casos apresenta o menor retorno em termos económicos. À medida que a pressão sobre os recursos hídricos aumenta, a concorrência cresce entre a agricultura, que luta para manter suas alocações de

água, e cidades, que necessitam para satisfazer as necessidades das suas populações que crescem rapidamente. O stress hídrico e a necessidade urgente de renegociar alocações intersectoriais são geralmente os fatores de mudanças na forma como a água é administrada na agricultura” (FAO, 2005).

“Preocupações sobre a insegurança alimentar estão a crescer em todo o mundo, mas as pessoas geralmente têm pouca ou nenhum reconhecimento da dependência da produção de alimentos na água. Há pouco reconhecimento de que 70% das retiradas de água doce do mundo já estão comprometidas à agricultura irrigada e que mais água será necessária, a fim de atender à crescente procura por alimentos e energia (biocombustíveis)” (UN-Water reporte 4, 2012).

De acordo com a Organização do Alimento e da Agricultura (FAO) os problemas e desafios do controlo da água na agricultura variam de região para região em função das condições sócio-económicas e agroclimáticas. Os países em desenvolvimento são os mais dependentes da agricultura local.

2.1.2. Impacto da agricultura na água e nos ecossistemas

“A disponibilidade de uma quantidade suficiente de água de boa qualidade é fundamental para todos os processos biológicos, para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas, para a saúde humana e para funções de produção primária e secundária. Os ecossistemas naturais e a agricultura são, de longe, os maiores consumidores de água doce da Terra” (FAO, 2005).

“A maneira como a água é administrada na agricultura tem provocado mudanças em larga escala em ecossistemas e comprometeu o fornecimento de uma ampla gama de serviços do ecossistema. A gestão da água para a agricultura mudou as características físicas e químicas da água doce e zonas húmidas costeiras e a qualidade e quantidade de água, bem como alterações biológicas diretas e indiretas em ecossistemas terrestres” (UN-Water reporte 4, 2012).

“Dotações de água dos ecossistemas têm se intensificado com o crescimento da população humana, a expansão da agricultura e a crescente pressão para transferir a água das áreas rurais para as áreas urbanas. Há uma necessidade urgente, portanto, conciliar as procuras de água

para a manutenção de funções do ecossistema e para a produção de alimentos. Encontrar esse equilíbrio é particularmente importante nos países em desenvolvimento, onde a agricultura e o meio ambiente muitas vezes são os potenciais "motores de crescimento", bem como a chave para aliviar a pobreza e reduzir a fome" (FAO, 2005).

2.1.3. Previsões da procura de água para a agricultura

As previsões da procura de água que se apresentam estão citadas no relatório 4 da UN-Water de 2012.

“A população mundial deverá crescer de 6,9 bilhões em 2010 para 8,3 bilhões e 2030 e 9,1 mil milhões em 2050 (UNDESA, 2009). Em 2030, a procura por alimentos é prevista aumentar em 50% (70% em 2050) (Bruinsma, 2009), enquanto a procura de energia a partir de hidroelétricas e outros recursos de energia renováveis aumentará em 60% (WWAP, 2009). Estas questões estão interligadas - aumento da produção agrícola, por exemplo, aumentará substancialmente o consumo água e de energia, o que leva ao aumento da concorrência por a água entre os diferentes setores que utilizam água”.

“Prever a procura de água futura para a agricultura é cheio de incertezas. Ela é parcialmente influenciada pela procura por alimentos, que por sua vez depende em parte do número de pessoas que precisam de ser alimentadas, e, em parte, o que e quanto comem. Isso é complicado, entre outros fatores, as incertezas nas variações climáticas sazonais, a eficiência dos processos de produção agrícola, tipos de culturas e rendimentos”

“Embora as projeções variem consideravelmente, com base em diferentes hipóteses de cenários e metodologias, futuros consumo de água agrícola global (incluindo tanto agricultura de sequeiro como irrigada) é estimado um aumento em cerca de 19% para 8.515 km³ por ano em 2050 (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007). A FAO estima um aumento de 11% no consumo de água de irrigação de 2008 a 2050. Isto é esperado um aumento de cerca de 5% da presente retirada de água para a irrigação de 2.740 km³. Embora isso pareça um aumento modesto, muito disto vai ocorrer em regiões que já sofrem de escassez de água (FAO, 2011)”.

2.1.4. Pegada de água

A informação que se segue foi transcrita de uma obra da autoria de Maracajá, K. F.B. et al. 2012.

“As últimas décadas marcaram um período de grande crescimento da população mundial, com significativo impacto económico e ambiental, principalmente pela produção de alguns produtos tidos como sendo de “luxo” (Hoekstra, 2010). Esses produtos além de não serem prioritários necessitam de grande volume de água para serem produzidos. A retirada de água doce global aumentou quase sete vezes no século passado e esse valor deve crescer cada dia mais devido o aumento populacional, bem como as diferentes mudanças de hábitos alimentares e de consumo (Gleick, 2000)”.

“A tentativa de mensurar a ausência de equilíbrio ambiental entre a humanidade e os recursos naturais leva a inclusão de indicadores de sustentabilidade como ferramenta importante na avaliação do uso correto desses recursos (Ercin; Aldaya; Hoekstra, 2011)”.

A pegada de água surgiu em 2002, na Holanda, por Arjen Hokestra como um indicador de sustentabilidade ambiental.

“A pegada hídrica tem como premissa metodológica diminuir os efeitos da escassez de água que priva milhares de pessoas em todo o mundo, de modo que ocorra uma melhor gestão hídrica desse recurso evitando, assim, a exploração em localidades mais escassas, direcionando o consumo para regiões de maior abundância de água doce”

“A sustentabilidade da pegada hídrica está diretamente relacionada com a disponibilidade de água da região considerada, que pode variar entre cidades, estados e países. A sustentabilidade de uma pegada hídrica depende de fatores climáticos e hídricos de uma região. Uma localidade com grande fluxo de água tem uma pegada hídrica diferente daquela com escassez de água. É importante considerar o fluxo de água virtual entre diferentes países. Isso implica que países com escassez de água têm alto consumo de água virtual contida nos produtos consumidos por esse país”.

“Os estudos de Hoekstra e Chapagain (2007) mostram que a agricultura é o setor com maior utilização de água doce, correspondendo a 70% do consumo de água total do planeta. Por outro lado, o volume gasto no setor industrial é de 22% e para o uso doméstico é de 8%. Assim, o tamanho da pegada hídrica mundial é determinado pelo consumo de alimentos, uso de água no consumo industrial e doméstico, sendo de 1.243 m³/ano per capita por habitante (Hoekstra e Chapagain, 2007). A pegada hídrica mundial da agricultura é de 6.390x10⁹ m³/ano, a doméstica é de 344x10⁹ m³/ano e a da indústria 716x10⁹ m³/ano. Portanto, o setor produtivo que mais utiliza a água é a agricultura irrigada”.

“A sustentabilidade de uma região é influenciada pela sua pegada hídrica, sendo que muitas vezes é praticado fundamentalmente baseado na geração de riquezas, o que negligencia os sistemas naturais que dão suporte à vida”.

“Nos países desenvolvidos, normalmente ocorre um maior consumo de bens e serviços, aumentando, assim, a pegada hídrica; já nos países subdesenvolvidos, às vezes ocorre uma combinação de condições climáticas desfavoráveis devido a alta evaporação e uma má prática agrícola resultando em baixa produtividade, obtendo com isso uma elevada pegada hídrica (Giacomin; Ohnuma, 2012).”

1.1.4.1. Conceito

O conceito de pegada de água que se segue foi retirado do Manual da Pegada de Água desenvolvido por Hoekstra et al, 2009.

“A pegada de água é um indicador de uso da água doce, que não olha apenas ao uso direto de água de um produtor ou consumidor, mas também ao seu uso indireto. É um indicador multifuncional que mostra os volumes de consumo de água doce por fonte e os volumes poluídos por tipo de poluição, em que todos os componentes são espacialmente e temporalmente especificados”.

A pegada de água tem três componentes nomeadamente, pegada de água azul, verde e cinzenta.

“A pegada de água azul refere-se ao consumo de recursos hídricos azuis (águas superficiais e

subterrâneos). O termo “consumo de água” neste caso refere-se a um dos quatro casos seguintes:

- Evaporação da água;
- Incorporação da água num produto;
- A água não retorna para a mesma bacia hidrográfica, por exemplo, retorna para outra área de captação ou do mar;
- A água não retorna no mesmo período, por exemplo, é retirada num período de escassez e retorna num período húmido”.

“O primeiro componente, a evaporação, é geralmente o mais significativo. Por isso, muitas vezes o consumo de água é equiparada com a evaporação, mas os outros três componentes devem ser incluídos quando relevante”.

“Consumo de água” não significa que a água desaparece, porque a maior parte da água na Terra permanece dentro o ciclo e retorna sempre em algum lugar. A água é um recurso renovável, mas isso não significa que a sua disponibilidade é ilimitada. Em um determinado período, a quantidade de água que recarrega as reservas de águas subterrâneas e que flui através de um rio está sempre limitada a um determinado valor”.

“A pegada de água verde refere-se ao consumo de recursos hídricos verdes (água da chuva armazenada no solo como humidade). Esta água é particularmente relevante para a produção de produtos agrícolas e florestais, consumida por evapotranspiração e incorporada nos produtos”.

“A pegada de água cinza refere-se a poluição e definido como o volume de água que é necessária para diluir os poluentes para um ponto tal que a qualidade da água do ambiente permanece acima dos padrões de qualidade da água acordados”.

“Como indicador de “uso da água”, a pegada de água difere da medida clássica de “retirada de água” em três aspetos: não se restringe ao uso de água azul, mas também inclui a água verde e cinza; não está restrito ao uso direto de água, mas também inclui o uso indireto de água e não inclui o uso da água azul se esta água for devolvida para o meio de onde foi retirada”.

“A pegada de água é uma medida volumétrica do consumo de água e de poluição. Não é uma medida da severidade do impacto ambiental local do consumo de água e da poluição. O impacto ambiental local de uma certa quantidade de consumo de água e de poluição depende da vulnerabilidade do sistema de água local e o número de consumidores de água e poluidores que fazem uso do mesmo sistema”.

“Existem diferentes tipos de pegada de água nomeadamente:

- Pegada de água de um produto: a soma das pegadas água dos processos ligados á produção do produto (considerando toda a produção e cadeia de fornecimento);
- Pegada de água de um consumidor: a soma das pegadas de água de todos os produtos consumidos pelo consumidor;
- Pegada de água de uma comunidade: a soma das pegadas de água dos seus membros;
- Pegada de água do consumo nacional: a soma das pegadas de água dos seus habitantes;
- Pegada de água de um negócio: a soma das pegadas de água dos produtos finais que o negócio produz;
- A pegada de água dentro de uma área geográfica delimitada (por exemplo, um município, província, estado, nação, drenagem ou bacia hidrográfica): a soma das pegadas de água de todos os processos que ocorrem nessa área”.

Para o presente trabalho torna-se relevante abordar de forma mais um pouco mais aprofundada a pegada de água de uma cultura ou árvore e fazer a distinção entre a pegada de água de consumo nacional e a pegada de água dentro de uma nação.

“Muitos produtos contêm produtos da agricultura ou silvicultura. As culturas são usadas para alimentos, rações, fibras, combustíveis, óleos, sabonetes, cosméticos, etc. e as árvores são usadas para madeira, papel e combustível também. Uma vez que os setores agrícolas e florestais são os principais setores consumidores de água, produtos que envolvem a agricultura ou silvicultura na sua produção, muitas vezes, têm uma pegada de água significativa”.

“A pegada de água verde e azul de uma cultura ou árvore são calculadas pela acumulação

diária da evapotranspiração durante o período de crescimento completo. Os poluentes são geralmente os fertilizantes (nitrogênio, fósforo, etc), pesticidas e inseticidas”.

“A "pegada de água dentro de uma nação" refere-se ao volume total de água doce consumida ou poluída dentro do território da nação. Isso inclui o uso de água para fazer produtos consumidos no mercado interno, mas também o uso de água para fazer os produtos exportados. A "pegada de água dentro de uma nação" é diferente da "pegada de água de consumo nacional", que refere-se à quantidade total de água que é utilizada para produzir os bens e serviços consumidos pelos habitantes da nação. Isto refere-se tanto a utilização da água dentro da nação e como da água fora do território da nação, mas restringe-se ao uso da água por trás dos produtos consumidos dentro do país. A pegada de água do consumo nacional inclui, assim, um componente interno e um externo. Incluindo a análise da pegada de água externa é fundamental, a fim de obter uma imagem completa de como consumo nacional traduz o uso da água, não só no próprio país, mas também no exterior, e, portanto, para analisar a dependência de água e sustentabilidade das importações. Olhando para a pegada de água dentro de uma nação é suficiente quando o interesse recai no uso apenas dos recursos hídricos nacionais” (Hoekstra e Chapagain, 2009).

“A pegada de água tem sido desenvolvido em analogia com o conceito pegada ecológica como foi introduzido na década de 1990 (Rees, 1992; Wackernagel e Rees, 1996; Wackernagel et al., 1997 citado por Hoekstra e Chapagain, 2007). A pegada ecológica de uma população representa a área terrestre e de ecossistemas aquáticos necessários para produzir os recursos utilizados e para assimilar os resíduos produzidos, por uma determinada população com um padrão de vida material especificado, onde quer que a terra possa estar localizada no mundo. Considerando que a pegada ecológica quantifica, assim, a área necessária para sustentar a vida das pessoas, a pegada de água indica a água necessária para sustentar uma população” (Hoekstra e Chapagain, 2007).

2.2. Alterações climáticas

Cada vez mais se fala em alterações climáticas provocadas sobretudo pela ação do Homem devido á sua evolução industrial e económica que lhe permite um aumento nos padrões da qualidade de vida. No entanto, isso acarreta custos ambientais cada vez mais elevado.

A atmosfera é a responsável pela Terra ter um clima que permite a existência de vida.

“Aproximadamente um terço da energia solar que chega á atmosfera do planeta Terra, é refletida e volta ao espaço e os restantes dois terços é absorvida pela superfície. Para garantir um equilíbrio energético no planeta, a Terra irradia a mesma quantidade de energia absorvida para o espaço. Porém, grande parte da radiação térmica emitida pela terra e o mar é absorvida pela atmosfera levando-a de volta à superfície terrestre e oceânica originando o conceito de efeito de estufa” (IPCC, 2007).

No dia-a-dia já se começam a sentir essas mudanças no clima e observações registadas ao longo dos anos têm demonstrado isso mesmo.

O Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change) é uma organização que tem observado as mudanças do clima e estudado as causas. Tem realizado com base nesses dados vários relatórios em que avalia a capacidade de adaptação e vulnerabilidade, que propõe cenários possíveis para as alterações climáticas e os seus impactos e propõe medidas que mitiguem os efeitos das mudanças climáticas.

“Risco dos impactos relacionados com o clima resulta da interação dos perigos relacionados com o clima (incluindo perigosos eventos e tendências) com a vulnerabilidade e exposição dos sistemas humanos e naturais. As alterações, tanto no sistema climático e processos socioeconómicos incluindo adaptação e mitigação são condutores de riscos, exposição e vulnerabilidade” (IPCC, 2014).

Com base nos relatórios executados por esta organização serão enumeradas as alterações observadas e suas causas e também alguns cenários estudados bem como os impactos e as medidas de mitigação principalmente no que respeita aos recursos hídricos e ao setor agrícola.

2.2.1. Causas e observações da mudança do clima

“O clima é uma síntese dos estados de tempo característicos de um dado local ou região num determinado intervalo de tempo definido. O tempo num dado local e num dado instante é definido por um conjunto de elementos atmosféricos: temperatura do ar, vento á superfície, pressão atmosférica, nebulosidade, humidade relativa do ar, etc. O tempo e o clima são,

portanto, duas formas de descrever as mesmas variáveis mas em escalas temporais diferentes” (IPMA).

Segundo o IPCC a” mudança do clima refere-se a qualquer mudança do clima que ocorra ao longo do tempo em decorrência da variabilidade natural ou da atividade humana. Esse uso difere do da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em que mudança do clima se refere a uma mudança do clima que possa ser atribuída direta ou indiretamente á atividade humana e que altere a composição da atmosfera global, sendo adicional á variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo” (IPCC, 2007). Resumidamente, o IPCC considera todas as mudanças climáticas, quer sejam de causa natural ou humana, enquanto a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudanças do clima decorrentes unicamente do Homem.

As causas e observações da mudança do clima que se seguem foram retiradas do Quarto Relatório do IPCC no trabalho realizado pelo Grupo de trabalho I em 2007.

“As concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram bastante em consequência das atividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam em muito os valores pré-industriais. Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono, devem-se principalmente ao uso de combustíveis fósseis e á mudança no uso da terra. Já os aumentos das concentrações de metano e óxido nitroso são devidos principalmente à agricultura”.

“As mudanças na quantidade de gases de efeito de estufa e aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos de forçamento radiativo, que é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima. O forçamento radioativo é uma medida da influência de um fator na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera e é um índice da importância do fator como possível mecanismo de mudança do clima. O forçamento positivo tende a aquecer a superfície, enquanto o forçamento negativo tende a esfriá-lo”.

O Quarto Relatório do IPCC concluiu que o forçamento radioativo devido a atividades humanas desde 1750 foi de $+1,6 \text{ W/m}^2$. Isto significa que as atividades humanas têm

propiciado o aquecimento global.

“O aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar”.

“Em escalas continental, regional e da bacia oceânica, foram observadas numerosas mudanças de longo prazo no clima, as quais abarcam mudanças nas temperaturas e no gelo do Ártico, mudanças generalizadas na quantidade de precipitação, salinidade do oceano, padrões de vento e aspetos de eventos climáticos extremos, como secas, precipitação extrema, ondas de calor e intensidade dos ciclones tropicais”.

2.2.2. Impactos da mudança do clima

Do trabalho desenvolvido pelo Grupo de trabalho II no quinto relatório do IPCC em 2014 prevê-se que os impactos serão os que se seguem em seguida.

“Nas últimas décadas, as mudanças climáticas têm causado impactos nos sistemas naturais e humanos em todos os continentes e em todo o oceano”.

“Em muitas regiões, a mudança na precipitação ou derretimento de neve e gelo estão a alterar os sistemas hidrológicos, afetando os recursos hídricos em termos de quantidade e qualidade. As geleiras continuam a encolher em quase todo o mundo devido à mudança climática, afetando o escoamento e os recursos de água a jusante. A mudança climática está a causar o aquecimento e descongelamento do gelo permanente em regiões de alta latitude e em regiões de alta altitude”.

“Muitas espécies terrestres, de água doce e marinhas mudaram suas escalas geográficas, atividades sazonais, padrões de migração, abundâncias e interações entre espécies em resposta às mudanças climáticas em curso”.

“Com base em muitos estudos que abrangem uma ampla gama de regiões e culturas, os impactos negativos das mudanças climáticas sobre o rendimento das culturas têm sido mais comum do que os impactos positivos. O menor número de estudos que mostram impactos

positivos referem-se principalmente às regiões de alta latitude, embora ainda não está claro se o balanço dos impactos foi positivo ou negativo nessas regiões”.

“Atualmente, o aumento mundial da falta de saúde humana devido à mudança climática é relativamente pequeno em comparação com os efeitos de outros stressores e não é bem quantificado. No entanto, tem havido um aumento da mortalidade relacionada com o calor e diminuição da mortalidade relacionada com o frio em algumas regiões como resultado do aquecimento”.

“As diferenças na vulnerabilidade e exposição surgem de fatores não-climáticas e de desigualdades multidimensionais muitas vezes produzidos por processos de desenvolvimento desigual. Estas diferenças formam riscos diferentes devido á mudança climática. As pessoas que são social, económica, cultural, política, institucionalmente, ou de outra forma marginalizadas são especialmente vulneráveis às mudanças climáticas e também para algumas respostas de adaptação e mitigação. Esta vulnerabilidade acrescida é raramente devido a uma única causa”.

“Os impactos relacionados com os recentes extremos climáticos, como ondas de calor, secas, inundações, ciclones e incêndios florestais, revelam significativa vulnerabilidade e exposição de alguns ecossistemas e de muitos sistemas humanos à variabilidade climática atual. Os impactos de tais extremos alteração dos ecossistemas, a interrupção da produção de alimentos e abastecimento de água, danos nas infraestruturas e estabelecimentos, morbidade e mortalidade, e consequências para a saúde mental e bem-estar humano. Para os países com todos os níveis de desenvolvimento, esses impactos são consistentes com uma significativa falta de preparação para a variabilidade climática atual em alguns setores”.

Os impactos supracitados são só alguns dos impactos constatados pelo último relatório do IPCC.

2.2.3. Cenários propostos no 5º Relatório do IPCC

“As projeções das mudanças climáticas do Grupo de Trabalho I do IPCC requerem informação sobre as emissões ou concentrações futuras dos gases de efeito estufa, aerossóis e outros condutores climáticas. Esta informação é geralmente expressa como um cenário de

atividades humanas, que não são avaliados neste relatório. Cenários utilizados no Grupo de Trabalho I focaram emissões antropogênicas e não incluem mudanças nos condutores naturais, como as emissões solares ou vulcânicos forçar ou naturais, para exemplo, de CH₄ e N₂O”.

“Para o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, a comunidade científica tem definido um conjunto de quatro novos cenários, denotados de Caminhos de Concentração Representativos (RCP- Representative Concentration Pathways). Eles são identificados pelo forçamento radiativo total aproximado no ano de 2100 em relação a 1750: 2,6 W m⁻² para RCP2.6, 4,5 W m⁻² para RCP4.5, 6,0 W m⁻² para RCP6.0, e 8,5 W m⁻² para RCP8.5”.

“Estes quatro RCPs incluem um cenário de mitigação levando a um nível muito baixo de forçamento (RCP2.6), dois cenários de estabilização (RCP4.5 e RCP6), e um cenário com as emissões de gases de efeito estufa muito elevados (RCP8.5)”.

“Para RCP6.0 e RCP8.5, o forçamento radioativo não atinge o seu pico em 2100; para RCP2.6 atinge um pico e declina; e para RCP4.5 estabiliza em 2100. Cada RCP fornece espacialmente um conjunto de dados de mudança no uso da terra e as emissões sectoriais de poluentes atmosféricos, e especifica as concentrações anuais de gases de efeito de estufa e emissões antrópicas até 2100. Embora os RCPs abranjam uma vasta gama de valores forçando totais, eles não cobrem toda a gama de emissões na literatura, especialmente para aerossóis”.

“A maioria das simulações foram realizadas com concentrações de CO₂ prescritas atingindo 421 ppm (RCP2.6), 538 ppm (RCP4.5), 670 ppm (RCP6.0) e 936 ppm (RCP 8,5) até ao ano de 2100”.

“Incluindo também as concentrações prescritas de CH₄ e N₂O, as concentrações combinadas equivalentes de CO₂ são 475 ppm (RCP2.6), 630 ppm (RCP4.5), 800 ppm (RCP6.0) e 1313 ppm (RCP8.5)” (IPCC, 2013).

2.2.4. Riscos

Os riscos decorrentes das alterações climáticas são muitos e afetam vários setores e com intensidades diferentes. Os riscos podem ser sentidos por exemplo ao nível dos recursos de

água doce (ex. escassez de água), ecossistemas terrestres e aquáticos (ex. extinção de espécies), sistemas costeiros (ex. erosão), sistemas marinhos (ex. diminuição da biodiversidades), produção e segurança alimentar (ex. diminuição da produção), saúde (ex. morte devido às ondas de calor), entre outros níveis.

Para o trabalho em questão torna-se relevante enunciar os riscos nos recursos de água doce e na produção e segurança alimentar.

2.2.4.1. Água doce

“Os riscos relacionados com a água doce devido à mudança climática aumentaram significativamente com o aumento das concentrações dos gases de efeito de estufa. A fração de população mundial enfrentando escassez de água e a fração afetada grandes inundações fluviais aumentou com o nível do aquecimento no século XXI” (IPCC, 2014).

“A mudança do clima ao longo do século XXI é projetada para reduzir significativamente os recursos hídricos superficiais e subterrâneos renováveis na maioria das regiões subtropicais secas, intensificando a competição entre os setores pela água. Em regiões atualmente secas, a frequência de secas provavelmente aumentará até o final do século XXI segundo RCP8.5. Em contraste, os recursos hídricos são projetados para aumentar em latitudes elevadas. A mudança do clima é projetada para reduzir a qualidade da água bruta e apresentar riscos para a qualidade da água potável, mesmo com o tratamento convencional, devido à interação de fatores: aumento da temperatura; aumento de sedimentos, nutrientes e cargas poluentes de chuvas fortes; aumento da concentração de poluentes durante as secas; e interrupção de instalações de tratamento durante as cheias. Técnicas de gestão da água adaptativas, incluindo planeamento de cenários, abordagens baseadas em aprendizagem, e soluções flexíveis e de baixo pesar, pode ajudar a criar resistência às incertezas das mudanças hidrológicas e impactos devido a mudanças climáticas” (IPCC, 2014).

2.2.4.2. Produção e segurança alimentar

“Para as principais culturas (trigo, arroz e milho) em regiões tropicais e temperadas, as alterações climáticas sem adaptação é projetada para impactar negativamente a produção para o aumento da temperatura do local de 2°C ou mais acima do nível do final do século XX,

embora em locais individuais podem beneficiar-se. Impactos previstos variam entre culturas e regiões e cenários de adaptação, com cerca de 10% de projeções para o período 2030-2049 exibindo ganhos de produtividade de mais de 10%, e cerca de 10% das projeções que mostram perdas de rendimento de mais de 25%, em comparação com o final do século 20. Depois de 2050, o risco de impactos de rendimento mais graves aumenta e depende do nível de aquecimento. A mudança climática está projetada para aumentar progressivamente a variabilidade interanual do rendimento das culturas em muitas regiões. Estes impactos projetados irão ocorrer no contexto do rápido aumento da procura de culturas” (IPCC, 2014).

“Todos os aspetos da segurança alimentar são potencialmente afetados pela mudança climática, incluindo o acesso aos alimentos, utilização e estabilidade dos preços. Redistribuição da captura potencial de pesca marinha para latitudes mais elevadas põe em risco o aprovisionamento, renda e emprego em países tropicais, com potenciais implicações para a segurança alimentar. Aumento da temperatura global de ~ 4 °C ou mais acima dos níveis do final do século XX, combinado com o aumento da procura por alimentos, representaria grandes riscos para a segurança alimentar mundial e regional. Os riscos para a segurança alimentar são geralmente maiores em áreas de baixa latitude” (IPCC, 2014).

2.3. Alimentação

2.3.1. Situação atual e futura

Segundo o relatório World Agriculture: toward 2015/2030 da FAO a produção agrícola tem satisfeito e continuará a satisfazer a procura de alimento.

“Até agora, a agricultura mundial tem sido capaz de responder á crescente procura de produtos agrícolas e animais. Embora a população mundial tenha dobrado entre 1960 e 2000 e os níveis de nutrição tenha melhorado significativamente os preços dos alimentos básicos como arroz, trigo e milho diminuiu expressivamente o que permite constatar que a produção para além de satisfazer as necessidades ainda as superou”.

“Entre 1969 e 1989, a procura cresceu a uma média de 2,4 % por ano. Na década de 1990 esta continuou a crescer no entanto a uma taxa de 2% ao ano. Tal facto deve-se, para além de

fatores temporários como o declínio do consumo das economias em transição na década de 1990, principalmente a duas razões:

- A taxa de crescimento da população mundial atingiu o pico em final dos anos 1960 em 2 % ao ano e diminuiu depois disso;
- Uma proporção crescente da população do mundo tinha alcançado níveis relativamente elevados de consumo de alimentos, de modo que o espaço para mais aumento foi limitado”.

“Estes fatores vão continuar a influenciar as tendências da procura para as próximas 3 décadas. Por exemplo, a população mundial vai continuar a aumentar, mas menos rapidamente, crescendo a uma média de 1,1% ao ano até 2030, em comparação com 1,7 % ao ano nos últimos 30 anos. Como resultado, a procura futura por produtos agrícolas deverá abrandar ainda mais”.

“A produção vai acompanhar a procura, mas insegurança alimentar persistirá. A análise detalhada mostra que, globalmente, não há terra suficiente, solo e água, e há bastante potencial para crescer ainda mais nos rendimentos, para fazer a produção necessária viável. Mesmo que haja potencial suficiente para produção no mundo como um todo, haverá problemas de segurança alimentar a nível doméstico ou nacional. Nas áreas urbanas, a insegurança alimentar geralmente reflete baixa renda, mas, em áreas rurais pobres muitas vezes é inseparável de problemas que afetam a produção de alimentos”.

“As alterações climáticas terão impactos muito diversos na agricultura. Há ainda incertezas consideráveis na maior parte das projeções. Na prática, mudanças na tecnologia são susceptíveis de reduzir ou compensar o impacto das alterações climáticas. Entre as mais importantes mudanças tecnológicas são a melhoria das variedades de culturas e práticas de cultivo, que irão aumentar os rendimentos”.

“No geral, parece provável que o aquecimento global tenha benefícios na agricultura nos países desenvolvidos, localizados em zonas temperadas, mas pode ter um efeito adverso na produção em muitos países em desenvolvimento, localizados em zonas tropicais e subtropicais. Daí a mudança clima pode aumentar a dependência dos países em desenvolvimento sobre as importações e acentuar as diferenças existentes” (FAO, 2002).

2.4. Evapotranspiração

“As mudanças climáticas podem modificar o ciclo hidrológico, resultando em mudanças na precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e na intensidade e frequência das cheias e das secas” (Supit et al., 2009).

“A evapotranspiração é a principal responsável pela perda de água nas bacias hidrográficas e exerce uma grande influência sobre os processos hidrológicos estando diretamente relacionado com a dinâmica da humidade do solo, recarga dos aquíferos e escoamento superficial” (Liang et al., 2008). “A evapotranspiração (ET) é a quantidade de água consumida por uma dada cultura” (Lena et al., 2011) e resulta segundo Allen et al. (1998) da combinação da evaporação (E) resultante do solo e da transpiração (T) proveniente das plantas. “A evaporação e a transpiração podem ocorrer em simultâneo e como a sua separação numa cultura é difícil, resume-se normalmente ao termo evapotranspiração (ET). A taxa de evapotranspiração, representa um volume de água referido a um período de tempo, ou seja, é quantificada como a quantidade de água que se perde em determinado período de tempo. Expressa-se normalmente em mm por unidade de tempo (hora, dia, semana ou mês)” (Oliveira e Maia, 2003).

Ao longo do crescimento de uma cultura a taxa de evaporação (E) e de transpiração (T) varia devido á área foliar (Allen et al., 1998). “Na fase inicial, E representa a maior parte do fluxo de ET, uma vez que o solo encontra-se exposto quase por completo às variações atmosféricas, em razão da pequena área foliar da cultura. Na fase da floração ao início de enchimento de grãos, graças à grande área foliar, as taxas de T são mais altas que as de E. Nas fases seguintes, E volta a aumentar e T a diminuir, pela senescência da cultura” (Lena et al., 2011).

2.4.1. Fatores que influenciam a evapotranspiração

“Os fatores que mais influenciam E e T são as condições atmosféricas locais, tais como temperatura, radiação solar, humidade relativa do ar e vento, fatores relacionados ao manejo da cultura também influenciam as taxas de ET, tais como cultivar, população de plantas, irrigação e controle de pragas e as características de solo relacionadas à fertilidade, cor e capacidade de retenção de água” (Allen et al., 1998).

A informação que se segue relativamente aos fatores foi retirada da obra de Oliveira e Maia, 2003.

2.4.1.1. Condições atmosféricas ou climáticas

“O poder evaporativo da atmosfera, isto é, o efeito que estes parâmetros exercem na evaporação da água a partir da superfície terrestre e na transpiração das plantas é expresso pela evapotranspiração. Altas temperaturas, baixa humidade, céu limpo, e ventos fortes causam uma grande exigência evaporativa por parte da atmosfera”.

“Em resposta ao maior ou menor poder evaporativo da atmosfera que rodeia as plantas, estas reagem transpirando mais ou menos água através dos estomas das folhas absorvendo mais ou menos CO₂, e conseqüentemente, produzindo mais ou menos clorofila, que no final se repercute, na mesma proporção, na produção final”.

“Esta situação, e na ausência de fatores limitativos, nomeadamente escassez de água no solo, ausência de doenças, fertilização inadequada, etc., conduzirá a uma situação de evapotranspiração máxima ou evapotranspiração potencial, o que equivale a atingir uma produção final que também será máxima”.

“A ocorrência de fatores limitativos, nomeadamente deficiência de água no solo, provoca uma readaptação da planta, já que a mesma não consegue responder, em termos de transpiração, à exigência do meio atmosférico que a rodeia. Nesta situação, a planta fecha os estomas, reduzindo a transpiração, e conseqüentemente a absorção de CO₂, com a conseqüente afetação da produção final. A evapotranspiração deixa de ser máxima, deixa de ser comandada pelo meio atmosférico que a rodeia, passando essencialmente a ser condicionada pelo teor de água existente no solo”.

“As culturas podem ou não ter capacidade de satisfazer as exigências evaporativas da atmosfera, no entanto, os fatores climáticos traduzem o potencial da ET. Esta ET potencial é o ponto de partida (de referência) para estimar a ET a partir de dados climáticos”.

2.4.1.2. Características culturais

“O tipo de cultura, a variedade usada e as fases do ciclo vegetativo são fatores importantes que condicionam a magnitude da evapotranspiração de uma cultura instalada em extensas áreas e bem gerida”.

“Diferenças na resistência á transpiração, altura da cultura, rugosidade do coberto, reflexão, área coberta e profundidade radicular resultam em diferenças na evapotranspiração de diferentes tipos de culturas sob as mesmas condições atmosféricas”.

“Durante o ciclo vegetativo das culturas, a evapotranspiração varia em função, não só, das variações climáticas, como também em função da fase do ciclo vegetativo. Esta variação está relacionada com as características das plantas, área foliar, etc.”.

“Em função dos padrões normais de crescimento das culturas, a ET máxima ocorre em diferentes épocas do ano em função da data da sementeira. No entanto, ocorre normalmente a seguir à fase reprodutiva (desenvolvimento dos frutos), decrescendo a partir da fase de maturação”.

“A evapotranspiração depende da variedade cultural já que a variação do período de maturação tem um peso relativo importante nas necessidades globais da cultura”

“A densidade de plantas de um campo cultural é outro fator importante na quantificação da evapotranspiração das culturas. Assim uma maior densidade de plantas reduz a componente evaporação, aumentando a componente transpiração. Isto poderá ser importante durante a fase inicial do ciclo vegetativo na qual a componente evaporação tem uma enorme expressão no total da evapotranspiração”.

2.4.1.3. Outros fatores

“Fatores como sejam a salinidade e baixa fertilidade dos solos, aplicação limitada de fertilizantes, a presença de horizontes impermeáveis, a ausência de controle de infestantes, pragas e doenças, uma má gestão do recurso solo, etc. poderão limitar o desenvolvimento

cultural e reduzir a evapotranspiração. A gestão da reserva de água no solo é outro fator muito importante no que respeita à evapotranspiração das culturas”.

“O teor em água no solo é, como se viu, condicionante da taxa de evapotranspiração das culturas, quando disponível em quantidade limitada no solo”.

“A produção final é não só influenciada pela deficiência de água no solo ao longo do ciclo, como também, e principalmente, nas fases críticas do ciclo”.

“A quantidade de água necessária para compensar a evapotranspiração cultural de determinada cultura – ET_c – em determinado período é definida como as necessidades hídricas da cultura para esse período”.

“Embora os valores da ET_c e das necessidades hídricas das culturas sejam idênticos, importa referir que a ET_c refere-se à quantidade de água perdida através da evapotranspiração, enquanto as necessidades hídricas das culturas se refere à quantidade de água que tem de ser fornecida através da rega”.

“Desta forma, as necessidades de rega em determinado momento, resumem-se, por assim dizer, à diferença entre as necessidades hídricas da cultura e a precipitação efetiva de determinado período. No entanto, as necessidades de rega incluem ainda consumos adicionais de água para satisfazer necessidades de lavagem de sais do perfil do solo, a falta de eficiência do sistema de transporte e a falta de uniformidade de aplicação, quando exista”.

“Estes fatores, associados ou isoladamente, podem influenciar negativamente o desenvolvimento das culturas e, desta forma reduzir a taxa de evapotranspiração da cultura para valores abaixo da ET_c ”.

2.4.2. Determinação da evapotranspiração

“A disponibilidade de água para irrigação em todo o mundo tem sido reduzida nos últimos anos devido a uma combinação de secas frequentes e competição por recursos hídricos entre os usuários agrícolas, industriais e urbanos. Além disso, algumas das principais áreas agrícolas enfrentam reduções moderadas significativas de chuva, ou mudanças no tempo de

vazão devido a mudanças no tempo de degelo, como resultado da mudança climática global. Sob tais condições, uma sofisticada gestão de água de irrigação será necessária para otimizar a eficiência de uso da água e manter níveis suficientes de produtividade das culturas e qualidade. Um fator chave para atingir estes objetivos é a estimativa da evapotranspiração real (ET). A determinação exata do ET pode ser uma ferramenta viável para uma melhor utilização dos recursos hídricos por meio de programas de manejo de irrigação bem desenhados. Estimativas confiáveis de ET também são vitais para desenvolver critérios para gestão da irrigação na temporada, alocação de recursos hídricos, as estimativas de longo prazo de fornecimento de água, a procura e uso, design e gestão de infraestrutura de recursos hídricos, e avaliar o efeito do uso da terra e mudanças de gestão sobre o balanço hídrico” (Ortega-Farias et al., 2009).

“A evapotranspiração não é fácil de determinar. A evapotranspiração pode ser determinada diretamente – balanço hídrico do solo, ou indiretamente através de fórmulas mais ou menos elaboradas desenvolvidas de uma forma geral para regiões específicas, sendo, posteriormente adaptadas para outras regiões - método de Penman-Monteith, Hargreaves, Blaney-Criddle, tina evaporimétrica- entre outros” (Oliveira e Maia, 2003).

“O método direto consiste no balanço hídrico do solo, isto é, a quantificação das entradas e saídas de água explorado pelas raízes durante um período de tempo” (Oliveira e Maia, 2003).

A evapotranspiração é expressa pela seguinte equação:

$$ET = I + P - ES - PP + AC \pm \Delta DS \pm \Delta AS \quad (1)$$

Em que,

I: rega;

P: precipitação;

ES: escoamento superficial;

PP: percolação profunda;

AC: ascensão capilar;

ΔDS : variação da drenagem superficial;

ΔAS : *variação do teor de água no solo.*

O sinal positivo na equação representa entradas de água e conseqüentemente o sinal negativo de saídas.

“Em termos práticos, o balanço de água no solo é feito, de uma forma mais correta, recorrendo a lisímetros, ou seja, isolando uma área da zona radicular do ambiente que a rodeia e controlando os processos que são difíceis de medir” (Oliveira e Maia, 2003).

“Nos lisímetros todas as variáveis da equação são medidos corretamente permitindo assim a determinação da evapotranspiração” (Oliveira e Maia, 2003).

“Como os lisímetros são difíceis de montar, dispendiosos e a sua operação e a manutenção requer cuidados especiais, o seu uso é limitado a fins de investigação e de calibração de outros métodos” (Oliveira e Maia, 2003).

Os métodos indiretos são, portanto, os mais utilizados para a determinação da evapotranspiração. Estes consistem na determinação da evapotranspiração de uma cultura de referência, ET_o , que segundo a FAO, através do seu relatório 56 (Irrigation and Drainage Paper) corresponde á procura hídrica de uma superfície padronizada, de uma vegetação hipotética similar à relva, caracterizada por crescimento vegetativo vigoroso, mantida sem deficiência hídrica, com a resistência aerodinâmica de 70 s/m, altura permanente de 12 cm e albedo 0,23.

2.4.2.1. Evapotranspiração de referência

2.4.2.1.1. Método de Penman-Monteith

O relatório 56 (Irrigation and Drainage Paper) da FAO recomenda o método de Penman-Monteith para a determinação da evapotranspiração de referência através de dados de radiação solar, temperatura do ar, humidade relativa e velocidade do vento.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (2)$$

Onde,

ET_o : evapotranspiração de referência, em mm/dia;

Δ : declive da curva de pressão de vapor, em kPa/°C;

R_n : radiação líquida à superfície da cultura, em MJ/m²/d;

G : densidade do fluxo de calor do solo, em MJ/m²/d;

γ : constante psicrométrica, em kPa/°C;

T : temperatura média do ar a uma altura de 2 m, em °C;

U_2 : velocidade do vento a uma altura de 2m, em m/s;

$(e_a - e_d)$: déficit de pressão de vapor medido a 2 m de altura, em kPa;

900: coeficiente para a cultura de referência resultante de cálculos padronizados, em KgK /KJ;

0,408: valor para $1/\lambda$, com $\lambda = 2,45$ MJ/kg;

0,34: coeficiente do vento para a cultura de referência, em kg K/kJ.

“A equação da FAO Penman-Monteith, não requer qualquer calibração local, desde que o vento seja medido a uma altura de 2 m do solo, ou que seja ajustada para essa altura” (Oliveira e Maia, 2003).

2.4.2.1.2. Método de Hargreaves

“O método de Hargreaves é um método de cálculo da ET_o baseado na temperatura média do ar e na radiação extraterrestre que atinge a superfície da atmosfera. Devido ao baixo número de variáveis climáticas utilizadas no procedimento, é normalmente um método usado, em alternativa a outros mais complexos, quando não se dispõe de dados climáticos, como sejam o caso da radiação, do vento e da humidade relativa” (Oliveira e Maia, 2003).

A equação de Hargreaves é a seguinte:

$$ET_o = 0,0023 \times (T_{med} + 17,8) \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times R_a \quad (3)$$

Onde,

ET_o : evapotranspiração de referência (mm/dia);

T : temperatura média diária (°C);

T_{max} : temperatura máxima diária (°C);

T_{min} : temperatura mínima diária (°C);

R_a : radiação extraterrestre (mm/dia).

“Este método, no entanto, e de acordo com Allen et al. (1998) tem tendência par subestimar o valor da ET_o com condições de vento fortes ($u_2 > 3$ m/s) e de sobrestimar a ET_o em condições de alta humidade relativa” (Oliveira e Maia, 2003).

2.4.2.2. Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura é normalmente calculada através da afetação da evapotranspiração da cultura de referência por um coeficiente designado de coeficiente de cultivo. Expressa pela seguinte equação:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (4)$$

Em que,

ET_c : evapotranspiração da cultura;

ET_o : evapotranspiração da cultura de referência;

K_c : coeficiente de cultivo.

“O coeficiente de cultivo representa a integração do efeito conjunto de quatro características que distinguem a evapotranspiração cultural da evapotranspiração da cultura de referência: a altura da cultura, a resistência da superfície relativa à cultura-solo, o albedo da superfície cultura-solo e a evaporação do solo” (Oliveira e Maia, 2003).

“A altura da cultura traduz-se em diferentes níveis de rugosidade e de resistência aerodinâmica. A resistência da superfície é afetada pela fração de solo coberto por vegetação, pelo estado e condição das folhas e pelo grau de abertura dos estomas. O albedo é influenciado pelo grau de cobertura do solo por vegetação e pelo teor de humidade do solo. O albedo da superfície solo-planta influencia a radiação líquida disponível, que é a fonte

principal de energia para as trocas de calor e de massa no processo de evaporação” (Oliveira e Maia, 2003).

“Visto que a ETo incorpora as variações climáticas nas exigências evapotranspirativas, o Kc varia essencialmente de acordo com as características culturais e, em pequena escala, com a variação dos fatores climáticos. Esta situação torna possível a utilização dos valores padrão de Kc em diferentes locais e climas” (Oliveira e Maia, 2003).

“Os coeficientes culturais, são coeficientes adimensionais específicos para uma dada cultura num dado momento do seu estágio vegetativo e na cobertura do solo significam alterações no valor do Kc . Estas variações estão representadas na curva de coeficientes culturais, que é uma curva do tipo da apresentada na Figura 1” (Oliveira e Maia, 2003).

O ciclo vegetativo é dividido em 4 fases – inicial, desenvolvimento, intermédia e final - em que cada fase apresenta valores e evolução do Kc distintos.

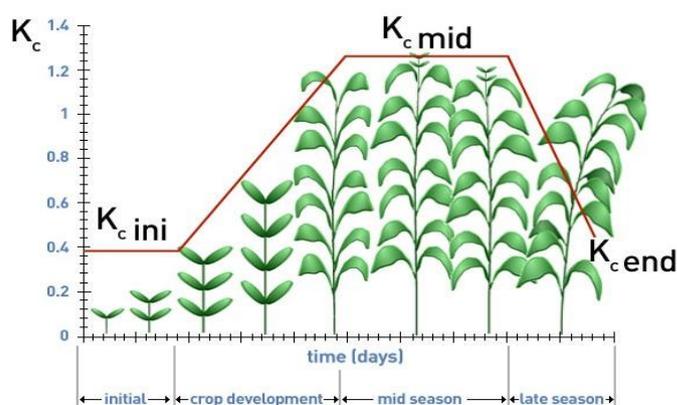


Figura 1: Evolução do coeficiente de cultivo num ciclo cultural (Fonte: FAO)

Fases do ciclo (Oliveira e Maia, 2003):

- Inicial: desde a sementeira ou plantação até que a cultura atinja cerca de 10% da cultura do solo.
- Desenvolvimento: desde o fim da fase anterior até à altura em que a planta cobre cerca de 70% do solo, a duração é determinada. O Kc é calculado linearmente entre os valores o Kc da fase inicial e do Kc da fase intermédia.
- Intermédia: desde o fim da fase anterior até ao início da maturação, a duração é determinada.

determinada. Durante esta fase o K_c atinge o valor máximo em todo o ciclo.

- Final: desde o fim da fase anterior até à colheita ou à senescência total da cultura. O K_c desta fase existente na literatura corresponde ao valor no final da fase. Durante a fase o valor varia linearmente entre o K_c med e o K_c final”.

3. METODOLOGIA APLICADA AO CASO DE ESTUDO

3.1 Enquadramento do caso de estudo ao tema

O tema em estudo aborda as incertezas inerentes às alterações climáticas no que respeita à produção agrícola devido á disponibilidade da água e á diferença significativa da temperatura.

Em 2007 a Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte elaborou um programa de desenvolvimento rural para a região Norte em que foi dada uma relevância especial às atividades ligadas ao agroflorestal, pelo lugar determinante que ocupam, dado o peso económico das várias fileiras estratégicas, o desempenho em matéria de recursos naturais e ainda pelo desenvolvimento que essas atividades podem alavancar proporcionando melhor qualidade de vida e promovendo a coesão social.

A região do Norte, constituída pela região agrária Entre Douro e Minho (EDM) e Trás-os-Montes (TM), representa 36% das explorações agrícolas do país, explorando 18% da superfície agrícola utilizada sendo a segunda região mais representativa da agricultura.

Segundo o documento enquadrador deste programa o clima é caracterizado por uma distribuição pluviométrica desajustada às necessidades das plantas, grande variabilidade da precipitação anual e irregularidade da distribuição sazonal da precipitação e as reservas de água não são suficientes para garantir as necessidades, existindo áreas estratégicas para a agricultura regional que não são dotadas de recursos hídricos suficientes e o fornecimento de água para áreas de regadio não está garantido. Como tal este programa visa desenvolver os regadios para combater este problema.

Pelo explanado acima torna-se visível o enquadramento desta região à problemática em questão.

3.2. Culturas em análise

Nesta dissertação foram estudadas as culturas cuja produção fosse representativa, entre 75 a 80%, da produção agrícola da região. Para tal recorreu-se aos dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) relativos ao ano de 2013. É importante fazer uma distinção no que respeita à produção agrícola uma vez que esta inclui as culturas forrageiras, culturas destinadas ao corte para alimentação do gado e que para o presente caso não mostra interesse de estudo uma vez que se pretende o estudo do impacto das alterações climáticas em produtos que estão ligados de uma forma mais direta à alimentação humana.

Produção (t; %) em 2013

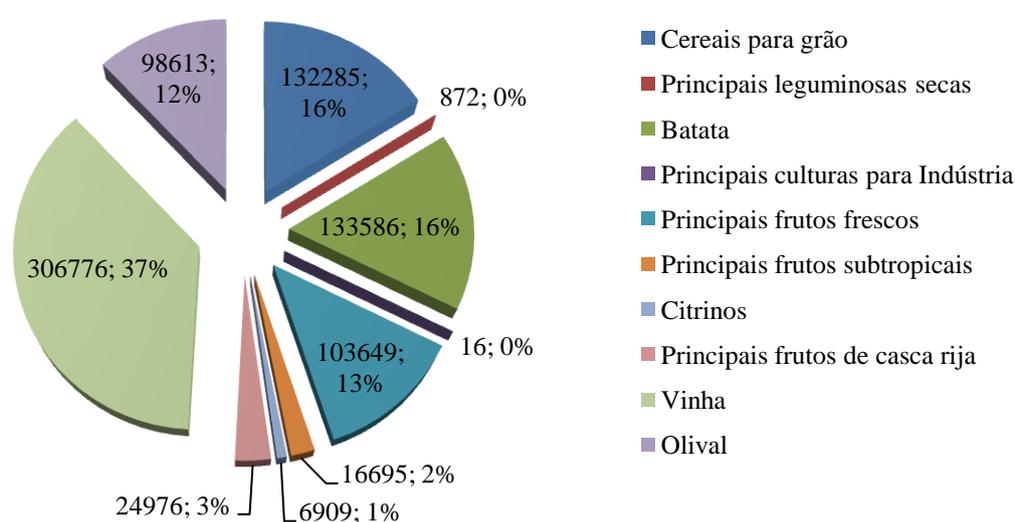


Gráfico 1: Produção agrícola, em toneladas e percentagem, na Região Norte no ano de 2013

Analisando o Gráfico 1 constata-se que as culturas mais produzidas são a batata (16%), os cereais para grão (16%), em que o milho é o mais produzido (13%), a vinha (37%), maioritariamente para vinho, e o olival (12%), maioritariamente para azeite.

Examinando a tendência da evolução da produção das culturas supramencionadas desde 1986 até 2013 constata-se que o olival tem aumentado contrariamente ao que tem ocorrido com as restantes (Gráfico 2).

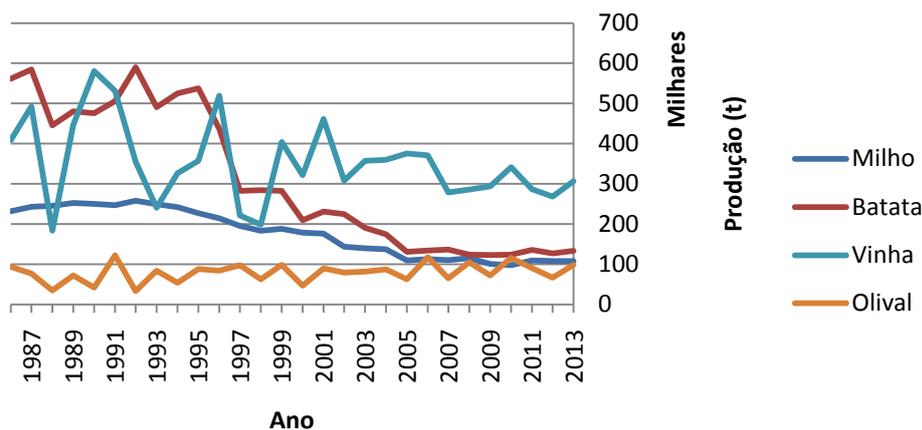


Gráfico 2: Produção agrícola do milho, da batata, da vinha e do olival de 1986 a 2013

Supondo que a tendência de evolução da produção se manterá torna-se pertinente estudar outras culturas que, apesar de ter uma representatividade menor em 2013, têm vindo a aumentar. Assim, serão estudadas também a maçã e o kiwi, representando cerca de 11% e 2%, respetivamente, da produção da região.

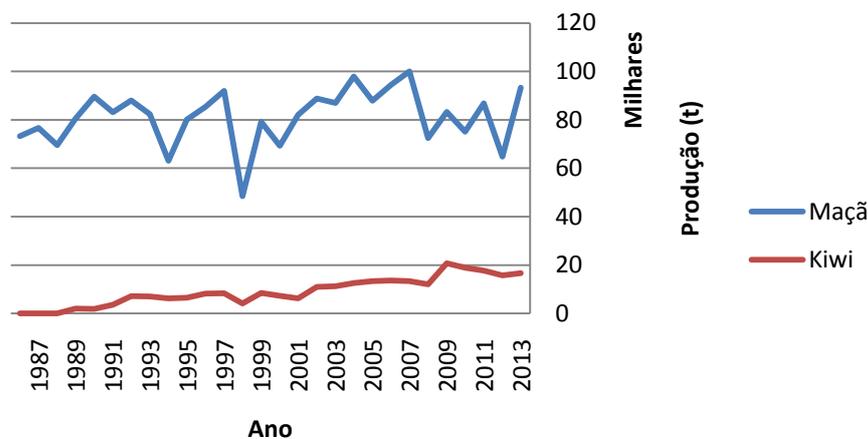


Gráfico 3: Evolução da produção agrícola da maçã e do Kiwi de 1986 a 2013

Devido ao peso económico que a agricultura representa nesta região foi estimado o valor do lucro obtido em 2013 das culturas em apreço (Tabela 1).

Tabela 1: Lucro em 2013 das culturas em estudo

	Lucro (mil euros)
Batata	72070
Milho	18216
Vinha	593680
Olival	48857
Maçã	65112
Kiwi	15359

3.3. Necessidades hídricas de rega

Esta fase consiste em estimar o volume de água utilizada na rega no ano de 2013. Foi realizada com recurso ao Recenseamento Agrícola de 2009 (RA 2009) e ao documento “O uso da água na agricultura”, que consiste num estudo do volume de água utilizado na rega por região e culturas.

O procedimento baseia-se em determinar a produtividade da água, em 2009, sabendo o volume de água de rega e a produção e, admitindo que esta se mantém constante, determina-se o volume de água de rega em 2013. A partir deste ponto sempre que se mencionar o volume de água este será sempre referente ao volume de água de rega.

$$\frac{PR_{2009}}{VA_{2009}} = PA_{2009} \quad (5)$$

$$\frac{PR_{2013}}{PA_{2009}} = VA_{2013} \quad (6)$$

Em que,

VA: volume de água de rega (m^3);

PR: produção (*t*);

PA: produtividade da água (t/m^3).

3.3.1. Recenseamento Agrícola de 2009

A explanação que se segue consiste no tratamento da informação relativa ao volume de água

em 2009 contida no RA 2009.

3.3.1.1. Vinha e Olival

Tabela 2: Volume de água de rega (m^3) da vinha e oliva, em 2013

	2009					2013	
	VA (m^3)			PR (t)	PA (t/m^3)	PR (t)	VA (m^3)
	EDM	TM	Norte (EDM+TM)				
Vinha	13712545	10056199	23768744	293954	0,0124	306776	24805515
Olival	45779	5236359	5282138	71985	0,0136	98613	7236056

Para as restantes culturas o volume de água não é explícito, é discriminado por grupos de culturas, por isso foi necessário estimar sabendo a percentagem da produção da cultura dentro do grupo a que pertence, em 2009, e supondo que o volume de água e a produção têm uma relação linear.

$$VA_c = \%PR \times VA_t \quad (7)$$

Em que,

VA_c : volume de água de rega da cultura (m^3);

$\%PR$: percentagem da produção da cultura dentro do grupo a que pertence;

VA_t : volume de água de rega total do grupo (m^3).

3.3.1.2. Batata e Milho

A batata e o milho pertencem ao grupo das culturas arvenses. As explorações especializadas em culturas arvenses cultivam cereais, oleaginosas e proteaginosas (ervilha, fava, feijão, grão de bico, girassol,...), batata, horticultura extensiva e tabaco (RA 2009).

Tabela 3: Volume de água de rega (m^3), em 2009, para culturas arvenses sem contabilizar a rega da horticultura extensiva

	2009		
	VA (m^3)		
	EDM	TM	Norte (EDM+TM)
Culturas arvenses (A)	41509725	28480964	69990689
Horticultura extensiva (E)	816581	554593	1371174
Arvenses-extensiva (A-E)	40693144	27926371	68619515

A batata e o milho representam cerca de 50% e 41% da produção, em 2009, das culturas arvenses sem contabilizar a horticultura extensiva.

Tabela 4: Volume de água de rega (m^3) da batata e do milho, em 2013

	2009					2013		
	% A-E	VA (m^3)			PR (t)	PA (t/m^3)	PR (t)	VA (m^3)
		EDM	TM	Norte (EDM+TM)				
Batata	50	20291747	13925561	34217307	123446	0,0036	133587	37028235
Milho	41	16552796	11359641	27912437	100841	0,0036	107915	29870495

3.3.1.3. Maçã e Kiwi

As culturas permanentes são culturas que ocupam o solo durante um longo período e fornecem repetidas colheitas (excluem-se as pastagens permanentes) (RA 2009). Neste grupo de culturas incluem-se a vinha, o olival, os frutos frescos, os frutos de casca rija, os frutos tropicais e citrinos.

O kiwi é o único fruto tropical cultivado na região do Norte por isso se ao volume de água utilizado nas culturas permanentes se retirar o volume de água utilizado na vinha, nos frutos frescos, de casca rija e citrinos e no olival obtém-se o volume de água dos frutos tropicais (Tabela 5).

Tabela 5: Volume de água de rega (m³) do kiwi, em 2009

	2009		
	VA (m ³)		
	EDM	TM	Norte (EDM+TM)
Culturas permanentes (P)	35157155	68785993	103943148
Vinha (V)	13712545	10056199	23768744
Frutos frescos, casca rija e citrinos (FF, CR e C)	15956544	34417516	50374060
Olival (O)	45779	5236359	5282138
Tropicais= P-(V+FF,CR e C+O)	5442287	19075919	24518206

A maçã é um fruto fresco e cuja produção, em 2009, representa 63% da produção total de frutos frescos, de casca rija e citrinos.

Tabela 6: Volume de água de rega (m³) da maçã e do kiwi, em 2013

	2009					2013		
	% FF, CR e C	VA (m ³)			PR (t)	PA (t/m ³)	PR (t)	VA (m ³)
		EDM	TM	Norte (EDM+TM)				
Maçã	63	10022701	21618496	31641197	83219	0,0026	93324	35483280
Kiwi	-	5442287	19075919	24518206	20764	0,0008	16695	19713516

Analisando a produtividade da água das culturas em estudo conclui-se que a vinha (0,0124 t/m³) e o olival (0,0136 t/m³) apresentam uma produtividade superior relativamente às outras culturas o que significa que com a mesma quantidade de água a produção destas culturas é superior às restantes. A título de exemplo, o olival com uma produtividade da água de 0,0136 t/m³, significa que 1m³ de água utilizada produz 0,00136 t de azeitona.

A batata e o milho têm uma produtividade da água igual de 0,0036 t/m³. A produtividade da água da maçã e o kiwi é de 0,0026 t/m³ e 0,0008 t/m³, respetivamente.

3.3.2. “Uso da água na agricultura”

Neste documento consta o volume médio de água de rega por cultura. Assim para a aplicação desta informação é necessário saber a área regada uma vez que a produção pode ser de sequeiro ou regadio, isto é, nem toda a área cultivada é regada. Por superfície regada

entende-se a superfície agrícola que foi regada pelo menos uma vez no ano agrícola (RA 2009).

Tabela 7: Volume médio de água de rega por cultura

Volume médio de água de rega (m ³ /ha)	
Batata	7385
Milho	6177
Vinha	2302
Olival	2259
Maçã	5318
Kiwi	7575

Para a batata, o milho, a vinha e o olival existe registo da área regada no ano de 1999 e 2009 e para a maçã e o kiwi só existe para o ano de 2009. O método para a estimativa do volume de água de rega para 2013 consistiu em, sabendo a área regada e da produção agrícola nos anos já mencionados, determina-se o volume de água e produtividade da água para esses anos. Admitindo que a produtividade da água é constante através da produção agrícola de 2013 estima-se o volume de água em 2013.

$$VA_{1999} = VA_{médio} \times A_r \quad (8)$$

$$PA_{1999} = \frac{PR_{1999}}{VA_{1999}} \quad (9)$$

Admitindo $PA_{1999}=PA_{2013}$ vem,

$$VA_{2013} = \frac{PR_{2013}}{PA_{2013}} \quad (10)$$

O mesmo raciocínio foi aplicado para o ano de 2009.

Tabela 8: Estimativa do volume de água de rega no ano 2013 com base na área regada de 1999

	1999							2013	
	VA médio (m ³ /ha)	Ar (ha)			VA (m ³)	PR (t)	PA (t/m ³)	PR (t)	VA (m ³)
		EDM	TM	Norte (EDM+TM)					
Batata	7385	5853	9369	15222	112414470	282542	0,0025	133587	53150016
Milho	6177	18306	5350	23656	146123112	187946	0,0013	107915	83901097
Vinha	2302	7435	349	7784	17918768	404460	0,0226	306776	13591079
Olival	2259	90	4012	4102	9266418	98400	0,0106	98613	9286476

Tabela 9: Estimativa do volume de água de rega no ano 2013 com base na área regada de 2009

	VA médio (m ³ /ha)	2009				2013	
		Ar (ha)	VA (m ³)	PR (t)	PA (t/m ³)	PR (t)	VA (m ³)
Batata	7385	4866	35935410	123446	0,0034	133587	38887478
Milho	6177	27264	168409728	100841	0,0006	107915	180223677
Vinha	2302	5092	11721784	293954	0,0251	306776	12233077
Olival	2259	4167	9413253	71985	0,0076	98613	12895313
Maçã	5318	3792	20165856	83219	0,0041	93324	22614527
Kiwi	7575	1103	8355225	20764	0,0025	16695	6717900

Então a produtividade da água e o volume de água de rega para a batata, o milho, a vinha e o olival é dada pela média entre o ano de 1999 e 2009. Para a maçã e o kiwi é referente ao ano de 2009.

Tabela 10: Volume de água de rega (m^3) e produtividade da água (t/m^3) em 2013 com base em dados de 1999 e 2009

	2013					
	"Uso da água"					
	PA (t/m^3)			VA (m^3)		
	1999	2009	Média	1999	2009	Média
Batata	0,0025	0,0034	0,0030	53150016	38887478	46018747
Milho	0,0013	0,0006	0,0009	83901097	180223677	132062387
Vinha	0,0226	0,0251	0,0238	13591079	12233077	12912078
Olival	0,0106	0,0076	0,0091	9286476	12895313	11090895

Analisando a tabela 10 constata-se que relativamente à produtividade da água em ambos os anos para a vinha é praticamente similar, sendo de 0,0226 e 0,0251 t/m^3 , respetivamente, para o ano de 1999 e 2009. Contrastando com o milho cuja produtividade da água é de 0,0013 t/m^3 e 0,0006 t/m^3 nomeadamente para 1999 e 2009, evidenciando uma diferença de 53%. No que respeita á batata e ao olival evidenciam discrepâncias significativas.

Estas diferenças consideráveis dos valores da produtividade da água das culturas não são desejáveis porque aumenta as incertezas das previsões que serão feitas com base nestes dados. No entanto, tal não foi possível colmatar devido à falta de mais registo da área regada em outros anos.

Como o volume de água das culturas para 2013 foi estimado com base na produtividade da água das mesmas, este apresenta a mesma razão de diferença constatado na análise da produtividade da água.

A partir deste ponto como forma de facilitar a explanação quando recorrer a informação contida no Recenseamento Agrícola de 2009 e no documento "Uso da água na agricultura" serão designados nomeadamente de método 1 e método 2.

3.4. Evapotranspiração das culturas

Para a determinação da evapotranspiração das culturas é necessário saber o ciclo cultural e o coeficiente de cultivo de cada cultura e em cada fase de crescimento. Na fase de desenvolvimento e na fase final o coeficiente de cultivo evolui de forma linear crescente e

decrecente, respetivamente. O valor da fase final que aparece na Tabela 11 é o valor do final do ciclo.

Tabela 11: Ciclo das culturas e coeficientes de cultivo (Fonte: FAO)

		Ciclo cultural			
		Inicial	Desenvolvimento	Intermédio	Final
Batata	Kc	Abril	Maio	Junho e julho	Agosto
		0,5	-	1,15	0,75
Milho	Kc	Abril	Maio	Junho e julho	Agosto
		0,3	-	1,2	0,6
Vinha	Kc	Abril	Maio e junho	Julho	Agosto, setembro e outubro
		0,3	-	0,7	0,45

Tabela 12: Ciclo das culturas e coeficientes de cultivo (Fonte: FAO)

		Ciclo cultural								
		Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Olival	Kc	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,55	0,6	0,65
		Maçã	Kc	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
	0,3	0,4		0,6	0,82	0,92	0,93	0,95	0,6	-
Kiwi	Kc	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	-	-
		0,5	0,7	0,9	1,1	1,1	0,8	0,8	-	-

A evapotranspiração das culturas é influenciada pela temperatura e pela precipitação entre outros fatores. Como tal é necessário saber o valor destas duas variáveis durante o crescimento das culturas.

Tabela 13: Temperatura (máxima, mínima e média), precipitação e evapotranspiração de referência e cultural da batata, para o ano de 2013

		2013							
		Mês	Temperatura (°C)			PP (mm)	ETo (mm)	Kc	ET (mm)
			Max	Min	Med				
Batata	Abril	18	6	12	100	100	0,50	50	
	Maio	20	8	14	50	130	0,83	107	
	Junho	26	12	19	10	180	1,15	207	
	Julho	34	16	25	25	210	1,15	242	
	Agosto	32	14	23	1	195	0,75	146	

Os dados referentes às restantes culturas aparecem no Anexo I.

Tabela 14: Precipitação total e evapotranspiração cultural total do ciclo cultural de 2013

	2013	
	PP (mm)	ET (mm)
Batata	186	752
Milho	251	704
Vinha	501	554
Olival	626	687
Maçã	771	823
Kiwi	755	833

Para um ciclo cultural a precipitação total e a evapotranspiração cultural total é o somatório dos valores medidos nos meses do ciclo referente a cada cultura.

Observando a Tabela 14 pela análise da evapotranspiração das culturas conclui-se que em 2013 o kiwi foi a cultura que consumiu mais água do ecossistema, 833 mm por ciclo cultural e a vinha apresentou o menor consumo, com 554 mm por ciclo.

“Parte das necessidades de água são satisfeitas pela precipitação, pela reserva de água no solo e pela ascensão capilar. Estas necessidades são posteriormente corrigidas pela eficiência de rega e com a fracção de lavagem para a obtenção das necessidades brutas ou totais da cultura na prática da rega” (Pereira, 2004). Assim, uma evapotranspiração cultural superior não significa obrigatoriamente um volume de água de rega maior. Tal como se pode ver através pela batata e o kiwi em 2013, em que a batata (752mm) tem uma evapotranspiração cultural menor que a o kiwi (833 mm) mas que utilizou um volume de água de rega superior, 37 028 235 m³ face a 19 713 516 m³ do kiwi (pelo método 1).

Tabela 15: Temperatura, precipitação e evapotranspiração ocorridas em 2013

		2013						
	Mês	Temperatura (°C)			PP (mm)	ETo (mm)	Kc	ET (mm)
		Max	Min	Med				
Batata	Abril	18	6	12	100	100	0,50	50
	Maio	20	8	14	50	130	0,83	107
	Junho	26	12	19	10	180	1,15	207
	Julho	34	16	25	25	210	1,15	242
	Agosto	32	14	23	1	195	0,75	146
Milho	Abril	18	8	13	150	100	0,30	30
	Maio	22	8	15	50	130	0,75	98
	Junho	26	12	19	25	180	1,20	216
	Julho	32	16	24	25	210	1,20	252
	Agosto	32	16	24	1	180	0,60	108
Vinha	Abril	20	8	14	100	100	0,30	30
	Maio	22	8	15	50	130	0,43	56
	Junho	26	12	19	25	180	0,57	102
	Julho	32	16	24	25	210	0,70	147
	Agosto	32	16	24	1	195	0,62	120
	Setembro	30	14	22	100	130	0,53	69
	Outubro	22	12	17	200	65	0,45	29
Olival	Março	14	6	10	200	70	0,65	46
	Abril	18	6	12	100	100	0,60	60
	Maio	20	8	14	50	155	0,55	85
	Junho	26	12	19	25	210	0,55	116
	Julho	34	16	25	25	240	0,50	120
	Agosto	34	16	25	1	225	0,50	113
	Setembro	30	14	22	50	140	0,55	77
	Outubro	22	12	17	150	70	0,60	42
	Novembro	14	4	9	25	45	0,65	29
Maçã	Março	14	6	10	300	55	0,3	17
	Abril	20	8	14	100	110	0,4	44
	Maio	22	8	15	50	130	0,6	78
	Junho	26	12	19	10	180	0,82	148
	Julho	34	18	26	10	210	0,92	193
	Agosto	34	16	25	1	195	0,93	181
	Setembro	30	16	23	100	130	0,95	124
	Outubro	22	12	17	200	65	0,6	39

Kiwi	Abril	20	8	14	150	100	0,5	50
	Maio	22	8	15	100	130	0,7	91
	Junho	26	14	20	50	160	0,9	144
	Julho	30	18	24	50	180	1,1	198
	Agosto	30	16	23	5	180	1,1	198
	Setembro	30	16	23	100	130	0,8	104
	Outubro	22	14	18	300	60	0,8	48

A análise que se fará da Tabela 15 é com vista a tirar ilações da variação da evapotranspiração de referência face à temperatura e à precipitação.

Relativamente ao milho destacam-se os meses de junho e julho, cuja precipitação é igual mas a evapotranspiração de referência e a temperatura são maiores no mês de julho, e o mês de julho e agosto, em que as temperaturas são iguais mas a evapotranspiração de referência e a precipitação são maiores em julho.

Quanto à vinha não se consegue fazer qualquer analogia. Em maio e outubro as temperaturas são idênticas porém as precipitações ocorridas em cada mês são muito distintas verificando-se que a precipitação é maior no mês em que a evapotranspiração de referência é menor nomeadamente o mês de outubro. No mês de julho e agosto as temperaturas são iguais existindo uma diferença das precipitações ocorridas sendo que a evapotranspiração de referência é maior em julho, mês em que a precipitação também é maior quando comparada com o mês de agosto.

No que respeita ao olival é relevante comparar os meses de março e novembro, maio e outubro e julho e agosto. Em março e novembro as temperaturas verificadas são semelhantes todavia as precipitações são muito diferentes sendo a evapotranspiração de referência mais elevada em março, mês em que a precipitação é maior. A temperatura e a precipitação são menores em maio e a evapotranspiração de referência maior quando o termo de comparação é o mês de outubro. Comparando o julho e agosto constata-se que nestes as temperaturas ocorridas são iguais e as precipitações diferentes e que a evapotranspiração de referência é superior no mês em que a precipitação é também mais elevada.

Relativamente à maçã nos meses de maio e outubro as temperaturas verificadas são semelhantes divergindo significativamente nas precipitações sendo que a evapotranspiração

de referência é inferior em outubro, mês em que a precipitação é superior. Em setembro a temperatura e a precipitação foram mais elevadas e a evapotranspiração de referência menor quando se estabelece comparação com junho.

Em relação ao kiwi em maio e outubro as temperaturas registradas são aproximadamente iguais e as precipitações muito diferentes em que a evapotranspiração de referência é superior em maio, mês no qual a precipitação é menor face a outubro. junho e julho são caracterizados pela mesma precipitação e diferentes temperaturas sendo que a evapotranspiração de referência é menor em junho, cuja temperatura é inferior em comparação com julho. agosto e setembro foram pautados pelas mesmas temperaturas e precipitações distintas em que se verificou uma evapotranspiração de referência superior quando a precipitação foi mais elevada.

Assim, as conclusões a retirar são as seguintes:

1. Com o aumento de temperatura a evapotranspiração de referência aumenta. Tal é evidenciado se para a mesma cultura comparar nos meses cujas precipitações são iguais e diferem as temperaturas. Por exemplo, a vinha em abril e setembro e a maçã nos meses de junho e julho.
2. Com o aumento da precipitação, normalmente, aumenta também a evapotranspiração de referência. Conclusão obtida comparando, para a mesma cultura, meses em que as temperaturas são iguais e que diferem na precipitação. Exemplificando, o milho, a vinha e o olival em julho e agosto. No entanto, esta conclusão tem como exceção o kiwi em agosto e setembro.
3. Em geral, a temperatura e a precipitação variam em ordem inversa e a temperatura e a evapotranspiração de referência variam na mesma ordem. Tal conclusão parece á partida contraditória da conclusão anterior. Nas duas primeiras alíneas as conclusões foram retiradas comparando meses em que a temperatura ou a precipitação eram iguais para analisarmos a sensibilidade da evapotranspiração de referência face a estas duas variáveis. Quando comparamos meses em que ocorrem temperaturas e precipitações diferentes e que apesar de a precipitação diminuir a evapotranspiração de referência aumenta, conclui-se que a temperatura é o principal fator de influência da evapotranspiração de referência.

3.5. Previsões climáticas

São vários os relatórios realizados para as alterações climáticas e o impacto das mesmas a vários níveis, sendo um dos quais a agricultura.

No presente trabalho serão estudados vários cenários possíveis para o volume de água que se poderá dispensar para a agricultura e a consequente produção agrícola das culturas anteriormente citadas caso se verifique a ocorrência do cenário RCP6.0 proposto no 5º Relatório do IPCC.

Tabela 16: Variação da temperatura entre 2016 e 2035 segundo o RCP6.0

	ΔT (°C)
Dezembro a fevereiro	1
Março a maio	1
Junho a agosto	1,5
Setembro a novembro	1

Tabela 17: Variação da precipitação entre 2016 e 2035 segundo o RCP6.0

	ΔPP (%)
Outubro a março	10
Abril a setembro	10

A partir deste ponto do caso de estudo foi sempre pressuposto serem constantes todos os dados entre o ano de 2013 e 2016.

Como este relatório não tem previsões para a evapotranspiração de referência utilizou-se a equação de Hargreaves.

Admitindo que R_a se mantém constante e sabendo a previsão da variação da temperatura fez-se a seguinte razão,

$$\frac{(ET_o)_{2035}}{(ET_o)_{2016}} = \frac{(0,0023(T + 17,78)(T_{max} - T_{min})^{0,5}R_a)_{2035}}{(0,0023(T + 17,78)(T_{max} - T_{min})^{0,5}R_a)_{2016}} \quad (11)$$

Tabela 18: Previsão da temperatura (máxima, mínima e média), da precipitação e da evapotranspiração cultural da batata para 2035

		Previsões para 2035 (RPC6.0)								
		2016-2035		2035						
		ΔT (°C)	ΔPP (%)	Temperatura (°C)			PP (mm)	ETo (mm)	Kc	ET (mm)
Max	Min			Med						
Batata	Abril	1	10	19	7	13	110	103	0,50	52
	Maio	1	10	21	9	15	55	134	0,83	111
	Junho	1,5	10	27,5	13,5	20,5	11	187	1,15	215
	Julho	1,5	10	35,5	17,5	26,5	27,5	217	1,15	250
	Agosto	1,5	10	33,5	15,5	24,5	1,1	202	0,75	152

Para as restantes culturas as previsões encontram-se no anexo I.

Constata-se que devido ao aumento da temperatura a evapotranspiração das culturas aumenta, o que significa que as culturas necessitam de uma maior quantidade de água durante o seu ciclo de crescimento.

3.6. Previsões do volume de água de rega e produção agrícola

Prevê-se que a necessidade de água das culturas aumente. No entanto, a precipitação também aumenta o que permite supor que pode ser utilizado um maior volume de água na produção agrícola. Assim, foram realizados 4 cenários baseados nesse pressuposto.

Cenário 1: o volume de água utilizado em 2016 é igual ao utilizado em 2035 o que implica que a produção é igual em ambos os anos.

Cenário 2, 3 e 4: relação linear, com interseção com o eixo das ordenadas na origem do referencial, entre o volume de água e a precipitação, evapotranspiração da cultura, e a razão entre a precipitação e a evapotranspiração da cultura, respetivamente.

Traduzidos pelas seguintes expressões:

Cenário 2:

$$VA_{2035} = \frac{PP_{2035}}{PP_{2013}} \times VA_{2013} \quad (12)$$

Cenário 3:

$$VA_{2035} = \frac{ET_{2035}}{ET_{2013}} \times VA_{2013} \quad (13)$$

Cenário 4:

$$VA_{2035} = \frac{PP/ET_{2035}}{PP/ET_{2013}} \times VA_{2013} \quad (14)$$

Tabela 19: Previsão do volume de água e produção agrícola para o cenário 1

	2035		
	Cenário 1		
	VA (m ³)		PR (t)
	RA 2009	"Uso da água"	
Batata	37028235	46018747	133587
Milho	29870495	132062387	107915
Vinha	24805515	12912078	306776
Olival	7236056	11090895	98613
Maçã	35483280	22614527	93324
Kiwi	19713516	6717900	16695

Tabela 20: Previsão do volume de água para o cenário 2, cenário 3 e cenário 4

	2035							
	PP (mm)	ET (mm)	VA (m ³)					
			Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
			RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"
Batata	661,1	335	40731058	50620622	38374597	47692009	39302020	48844610
Milho	166,1	528	32857545	145268626	30960992	136883652	31700248	140152028
Vinha	709,5	570	27286066	14203286	25656043	13354806	26381500	13732430
Olival	831,6	1166	7959661	12199984	7482874	11469200	7697116	11797575
Maçã	38889817	49	39031608	24875980	36668950	23370190	37769542	24071629
Kiwi	205352067	0	21684868	7389690	20384442	6946536	20971140	7146469

A exposição que se segue tem como objetivo analisar a discrepância entre os volumes de água entre os métodos e entre os cenários. Para tal utilizaram-se as seguintes expressões:

$$\frac{VA_1 - VA_2}{VA_1} \times 100 \quad (15)$$

$$\frac{VA_{ci} - VA_{cs}}{VA_{ci}} \times 100 \quad (16)$$

Em que,

VA_1 : *volumde de água segundo o método 1;*

VA_2 : *volumde de água segundo o método 2;*

VA_{ci} : *volumde de água no cenário com numeração inferior;*

VA_{cs} : *volumde de água no cenário com numeração superior.*

Comparando o volume de água no ano de 2013 determinado pelos dois métodos verifica-se as diferenças são significativas sendo que para algumas culturas estas são mesmo muito elevadas. Das culturas em estudo destaca-se significativamente o milho com uma diferença de 342%. De seguida, o kiwi, o olival e a vinha, com 66%, 53% e 48% respetivamente. A maçã e a batata apresentam uma discrepância menor de 36% e 24% nomeadamente (Tabela 26, em anexo).

Como para os cenários 2, 3 e 4 foi admitida uma relação linear da evolução do volume de água então não é necessário fazer a comparação entre o volume de água estimado para 2035 através de ambos os métodos para cada cenário, uma vez que a discrepância dos valores em 2035 é igual ao ano de 2013.

No entanto, é necessário fazer a comparação entre os vários cenários. Dessa comparação conclui-se o volume de água estimado para 2035 nos vários cenários são valores muito próximos (Tabela 27, em anexo).

Entre os cenários 2 e 3 para todas as culturas a divergência é aproximadamente de 6%.

Entre os cenários 3 e 4 e cenários 2 e 4 para a batata e o milho a diferença é de 2% e 4%

respetivamente e para as restantes culturas de 3% em ambas as comparações.

Como o cenário 1 é admitindo a hipótese de o volume de água utilizada em 2013 ser igual em 2035 a comparação deste cenário com os restantes permite saber a evolução do volume de água utilizado na agricultura. Então, espera-se para todos os cenários um aumento do volume de água disponível para a produção agrícola em que o cenário 2 é o cenário cuja disponibilidade é maior com um aumento de 10% para todas as culturas, seguido do cenário 4 com 6% e por último o cenário 3 com um aumento de aproximadamente 4% para a batata e o milho e para as restantes culturas de 3 %.

A título de exemplo, em termos quantitativos relativamente ao cenário 2 este aumento representa para o milho um volume de água de 32 857545 m³ (método 1) e 145 268 626 m³ (método 2) e para o olival de 7 959 661 m³ (método 1) e 12 199 984 m³ (método 2). No cenário 3 o milho utiliza 30 960 992 m³ (método 1) e 136 883 652 m³ (método 2) e o olival emprega 7 482 943 m³ (método 1) e 11 469 305 m³ (método 2). Em relação ao cenário 4 o milho usa 31 700 248 m³ (método 1) e 140 152 028 m³ (método 2) (Tabela 20, em anexo).

Admitindo que a produtividade da água em 2013 se mantém constante determina-se a produção agrícola para 2035.

$$PR_{2035} = PA_{2013} \times VA_{2035} \quad (17)$$

Tabela 21: Previsão da produção agrícola para o cenário 2, cenário 3 e cenário 4

	2013		2035					
	PA (t/m ³)		PR (t)					
	RA 2009	"Uso da água"	Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
RA 2009			"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	
Batata	0,0036	0,0030	146946	150561	138444	141851	141790	145279
Milho	0,0036	0,0009	118707	136916	111855	129013	114525	132093
Vinha	0,0124	0,0238	337454	338389	317295	318175	326267	327171
Olival	0,0136	0,0091	108474	111424	101977	104749	104896	107748
Maçã	0,0026	0,0041	102656	102656	96442	96442	99337	99337
Kiwi	0,0008	0,0025	18365	18365	17263	17263	17760	17760

Para análise da divergência de valores de produção entre métodos e entre cenários utilizaram-se as mesmas expressões a quando da análise da divergência no volume da água.

Analisando a produtividade da água em 2013 pelos dois métodos conclui-se que as diferenças entre ambas são muito significativas em que se destaca expressivamente a produtividade da água do kiwi com uma diferença de 193%. A produtividade da água no que respeita a vinha, o milho e a maçã apresentam uma disparidade de 93%, 74% e 57% respetivamente. O olival e a batata têm uma produtividade da água relativamente próximas cuja diferença é de 33% e 18% nomeadamente (Tabela 26, em anexo).

O maior consumo de água por uma dada cultura não significa que esta seja mais produtiva. As culturas têm produtividade da água diferentes logo uma cultura pode produzir mais do que outra apesar de utilizar o mesmo volume de água ou até um volume inferior. Por exemplo, a batata e a vinha em que a batata utiliza um maior volume de água mas como tem uma produtividade da água inferior produz menos que a vinha.

Relativamente á produção agrícola prevista para 2035 é relevante fazer a comparação entre os dois métodos para o mesmo cenário e a comparação entre cenários.

Para a comparação entre os dois métodos basta realizar a mesma só para um cenário uma vez que a diferença entre os dois métodos é igual para todos os cenários devido a considerar-se a mesma produtividade da água para todos os cenários. Assim, observando o cenário 2 verifica-se que as discrepância entre os dois métodos é reduzida sendo para algumas culturas nula como a vinha, a maçã e o kiwi. As restantes culturas têm uma divergência de 2%, 3% e 15% nomeadamente a batata, o olival e o milho (Tabela 26, em anexo).

No que respeita á comparação entre os cenários 2, 3 e 4 a divergência de valores na produção agrícola esperada em 2035 é igual à divergência verificada na comparação do volume de água para esse ano.

No entanto, no que concerne à análise entre o cenário 1, no qual se considera que o volume de água utilizada em 2013 é igual em 2035 e conseqüentemente a produção agrícola é igual em ambos os anos, com os restantes cenários é necessário tecer novos comentários, os quais nos permitem tirar conclusões da evolução prevista na produção agrícola. Como a produção

agrícola em 2013 é igual em ambos os métodos então a diferença de valores da comparação da produção em 2013 e da produção estimada para 2035 apresentam valores diferentes para ambos os métodos. Porém nos dois métodos prevê-se um aumento da produção de todas as culturas em estudo (Tabela 30, em anexo).

Para o método 1 a diferença na produção agrícola entre 2013 e 2035 é igual á divergência constata no volume de água porque neste método admitiu-se que a produtividade da água em 2009 se mantinha constante ao longo dos anos.

No método 2 também se admitiu que a produtividade da água se mantinha constante porém o valor admitido resultou da média entre os anos de 1999 e 2009 para a batata, o milho, a vinha e o olival. Para a maçã e o kiwi a produtividade da água é referente unicamente ao ano de 2009. Assim, a diferença entre 2013 e 2035 na produção da maçã e o kiwi é igual á verificada no volume de água.

Comparando com o cenário 2 através do método 1 prevê-se um aumento de 10% para todas as culturas, tal como se tinha verificado para o volume de água. Já no método 2 verifica-se também um aumento para todas as culturas no entanto prevê-se que para a vinha, a maçã e o kiwi este é de 10%, para a batata e o olival de 13% e o milho apresenta um aumento de 27%.

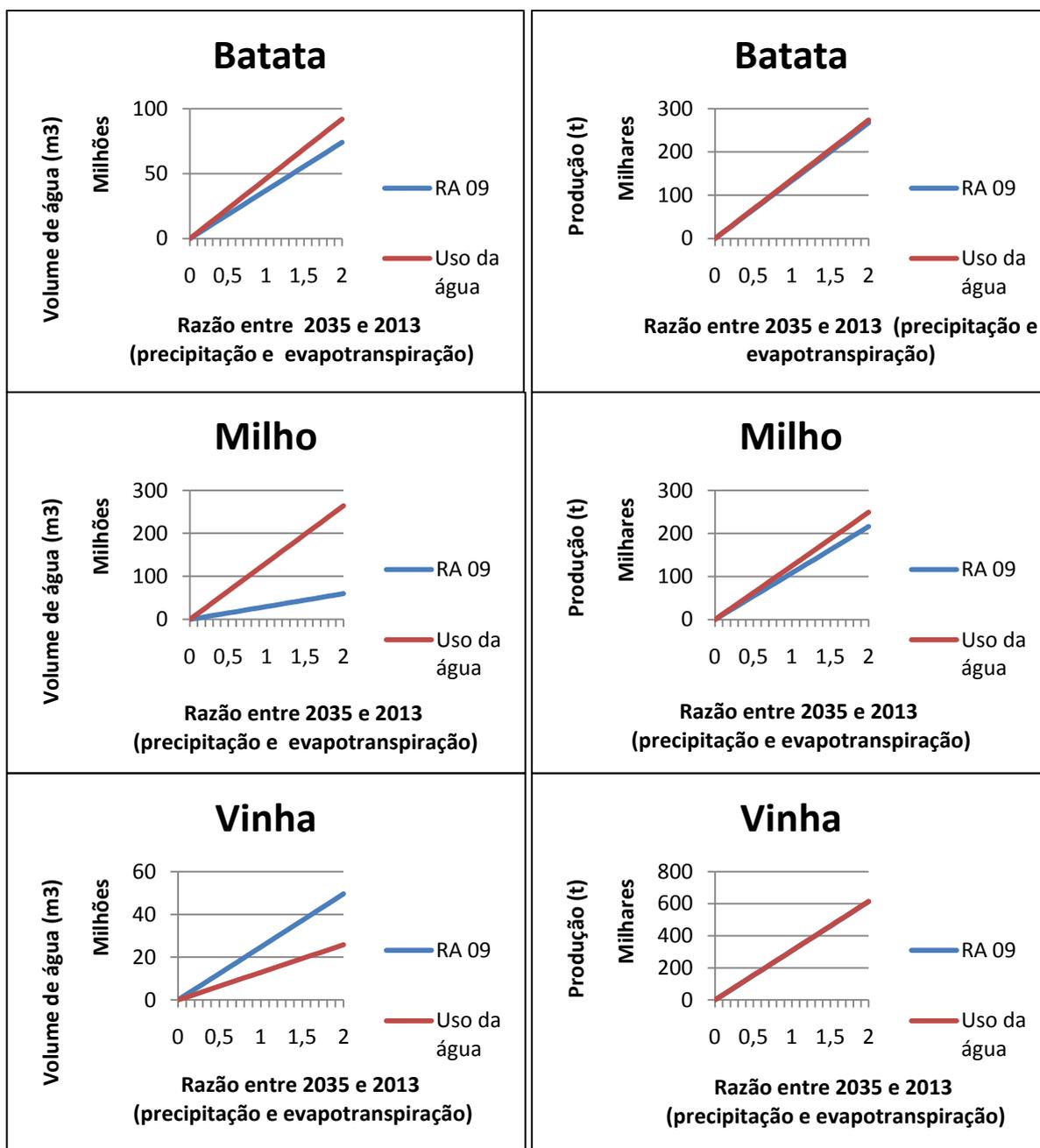
Então no que diz respeito ao método 2 da comparação com o cenário 3 prevê-se que a produção de vinha aumente 4%, de batata e olival aumente 6% e de milho aumente 20%. Da observação com o cenário 4 resulta um aumento de 9% para a batata e o olival e de 7% e 22% para a vinha e o milho respetivamente.

Exemplificando, no cenário 2 prevê-se que a vinha tenha uma produção de 337 454 t (método 1) e 338 389 t (método 2) e que seja produzido 18 365 t de kiwi para ambos os métodos. No cenário 3 é esperado que sejam produzidos 317 323 t (método 1) e 318 203 t (método 2) de uvas e 17 263 t de kiwi. Relativamente ao cenário 4 espera-se que a vinha tenha uma produção de 326 238 t (método 1) e 327 142 t (método 2) e que sejam produzidas 17 760 t de kiwi (Tabela 21, em anexo).

Os cenários admitidos para o volume de água de rega a utilizar em 2035 e conseqüente produção agrícola têm por base os valores de precipitação e evapotranspiração que se espera

que ocorra nesse ano segundo o cenário RCP6.0. os impactos das alterações climáticas têm incertezas inerentes. Assim, os gráficos que se seguem demonstram a variação do volume de água e produção para as culturas em estudo caso a precipitação e a evapotranspiração em 2035 não seja a esperada.

Se a precipitação e/ou evapotranspiração em 2035 for inferior à ocorrida em 2013 então a razão entre estes parâmetros nos dois anos, utilizadas para formular os cenários 2, 3 e 4, toma valor entre 0 e 1, e for igual toma o valor de 1, e se for superior a toma valor superior a 1.



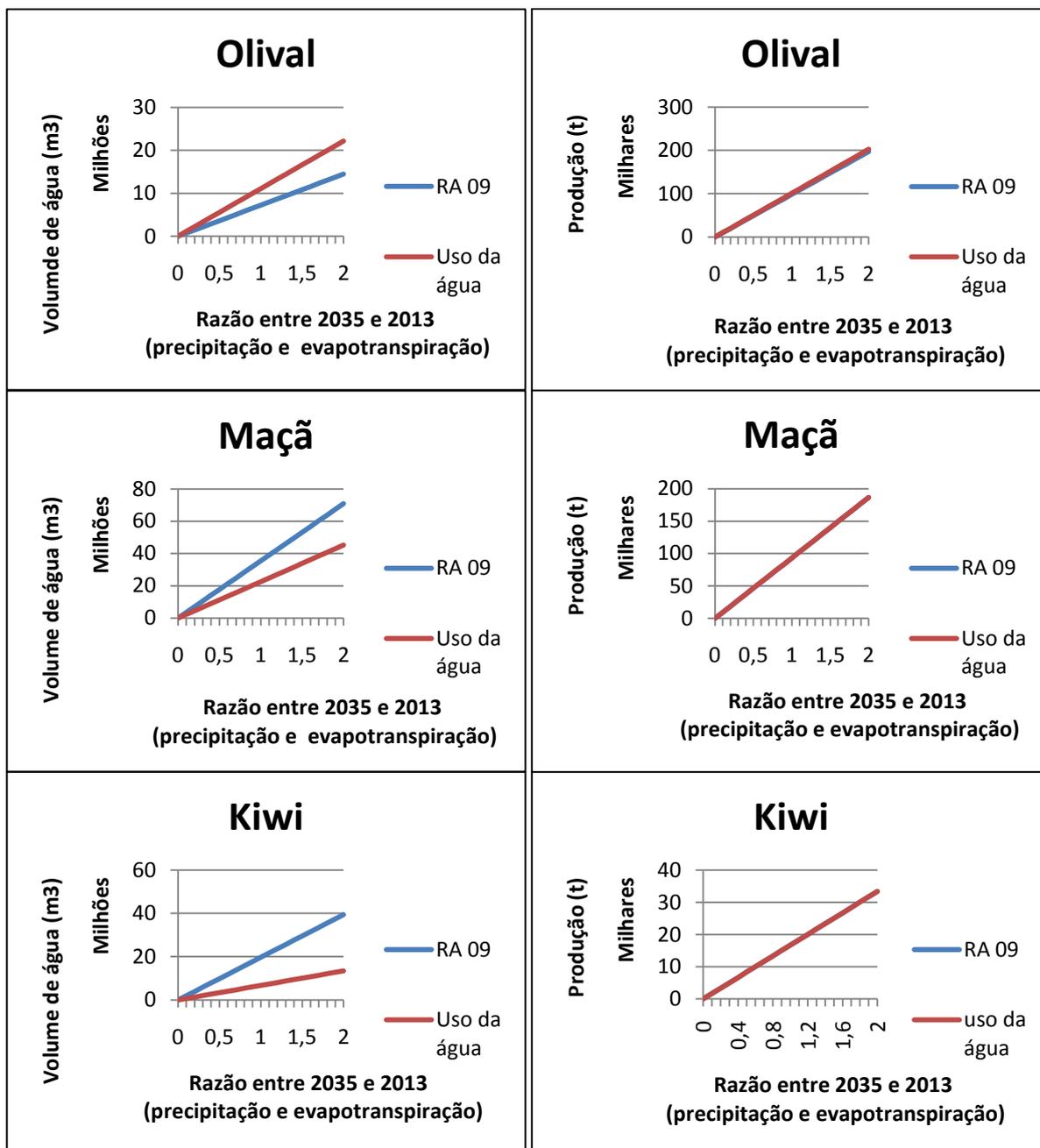


Gráfico 4: Variação do volume de água e produção para 2035 em função da variação da precipitação e evapotranspiração

Pela análise dos vários gráficos constata-se que a diferença entre os dois métodos relativamente ao volume de água estimado para 2035 é significativa. No entanto essa diferença é nula ou praticamente nula no que respeita a produção agrícola, para praticamente todas as culturas, em que o milho é a única que apresenta uma diferença significativa.

4. CONCLUSÕES

O triângulo água – alimento - alterações climáticas é indissociável e devido ao aumento da população mundial e dos hábitos e as mudanças climáticas significativas tornam o estudo deste triângulo relevante.

No que concerne à água conclui-se que a competição entre setores tem crescido e juntamente com a diminuição da disponibilidade e da qualidade tem tornado a sua gestão um processo cada vez mais complicado. As alterações climáticas tornam essa gestão ainda mais exigente. Como a agricultura é o maior consumidor de água e por outro lado tem o menor retorno económico esta foi e continuará a ser obrigada a uma gestão sustentável da água de modo a conseguir obter produções pouco voláteis e suficientes para satisfazer as procuras por alimento.

Relativamente à mudança do clima esta é notória, tem-se verificado um aquecimento global. Os impactos e riscos são muitos desde aumento e severidade de eventos climáticos como precipitações severas ou ondas de calor, degradação da qualidade da água ou diminuição da produção agrícola. No entanto esta também terá impactos positivos nomeadamente em regiões de clima temperado em que este aumento da temperatura pode propiciar o aumento da produção de alimentos. As pessoas de são de alguma forma marginalizadas (social, económica, culturalmente, entre outros) são mais vulneráveis às alterações climáticas.

Como referido inicialmente a população tem aumentado e as dietas alimentares consistem em alimentos cuja pegada de água é elevada porém prevê-se que as necessidades alimentares sejam satisfeitas. Os países em desenvolvimento correrão o maior risco de insegurança alimentar uma vez que são muito dependentes da agricultura local e a maioria têm climas subtropicais ou tropicais, que com o aumento das temperaturas previstas torna a perpetuação da vida nestas regiões mais difícil.

Estas previsões de procura de água para a agricultura e alimentos e mudanças climáticas são envoltas em incertezas significativas. Tudo depende da consciencialização mundial para a fragilidade do nosso planeta e da finitude dos recursos naturais e das medidas que adotarem

para contrariar a degradação acelerada da Terra. Resumidamente, têm de adotar um desenvolvimento sustentável.

No que respeita ao caso de estudo conclui-se o impacto das alterações climáticas na produção das culturas estudadas na região Norte fará com que este se mantenha ou aumente. O volume de água utilizado e a produção agrícola podem manter-se (cenário 1) ou aumentar (cenários 2, 3 e 4) para todas as culturas e em ambos os métodos devido à previsão do aumento da temperatura e da precipitação. O aumento de temperatura provocará o aumento da evapotranspiração das culturas. Conclui-se também que a divergência de valores entre os dois métodos relativamente ao volume de água é bastante significativa enquanto na produção agrícola esta é baixa e em algumas culturas seja mesmo a ser quase nula.

Em termos absolutos isto representa o seguinte:

Evapotranspiração das culturas: o kiwi será a cultura que provocará a maior perda de água do ecossistema em 2035 com uma evapotranspiração de 861 mm por ciclo cultural em contraste com a vinha de consumirá 573 mm. A evapotranspiração da maçã, batata, milho e olival será respetivamente de 851 mm, 779 mm, 729 mm e 710 mm.

Volume de água: o cenário 2 apresenta um aumento de consumo de 10% para todas as culturas, o cenário 3 um aumento de 4% para a batata e o milho e de 3% para as restantes culturas e o cenário 4 um aumento de 6% em todas as culturas.

Produção agrícola: segundo o cenário 2 esta aumentará 10% em todas as culturas através do método 1. Através do método 2 este aumento é diferente de cultura para cultura em que o milho exhibe o maior aumento da produção com 27% em contraste com a vinha, a maçã e o kiwi que apresentam o menor aumento sendo este de 10%.

O cenário 3 segundo o método 1 apresenta um crescimento de 4% para a batata e o milho e de 3% para as restantes culturas. No método 2, tal como no cenário 2, constata-se que a taxa de aumento é diferente para cada cultura sendo mais uma vez o milho a apresentar a maior crescimento da produção com 20% e a maçã e o kiwi exhibe, também como no cenário 2, o menor crescimento com 3%.

O cenário 4 utilizando o método 1 apresenta um crescimento de 6% para todas as culturas. Mais uma vez constata-se que o milho terá o maior aumento, segundo o método 2, sendo este de 22% e a maçã e o kiwi o menor com 6%.

4.1. Trabalhos futuros

Tendo em conta o estudo descrito nesta dissertação constata-se que podem ser efetuados outros estudos relativos a este tema, a citar:

1. Fazer o mesmo estudo executado neste trabalho para mesma região mas para culturas. Analisando a linha de tendência da produção agrícola das culturas nesta região existem culturas que apesar terem uma baixa representatividade no que toca a produção tem vindo a apresentar uma tendência de aumento da mesma o que sugere que daqui a alguns anos estas podem ser representativas da produção agrícola.
2. Estudar o impacto que os outros cenários proposto pelo último relatório do IPCC podem causar nesta região e também criar novos cenários para estimar o volume de água disponível para a agricultura.
3. A agricultura nesta região tem um peso económico significativo então torna-se relevante realizar uma análise económica, balanço entre o custo de produção e a receita da venda (venda a nível nacional e exportação).

5. BIBLIOGRAFIA

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, Roma - Itália.

Bruinsma, J. 2009. *The Resource Outlook to 2050: By How Much do Land, Water and Crop Yields Need to Increase by 2050?* Prepared for the FAO Expert Meeting on ‘How to Feed the World in 2050’, Roma - Itália.

Cardoso, T., 2010: *O uso eficiente da água nos edifícios de habitação*. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London/Colombo, Earthscan/International Water Management Institute.

Ercin, A. E.; Aldaya, M. M.; Hoekstra, A. Y., 2011: *Corporate water footprint accounting and impact assessment: the case of the water footprint of sugar-containing carbonated beverage*, Water Resources Management, v. 25.

FAO, 2002: *Summary Report. World Agriculture: towards 2015/2030*, Roma – Itália

FAO, 2005: *Water use in agriculture*. Agriculture and Consumer Protection Department

FAO, 2006: *World Agriculture: Towards 2030/2050 - Interim Report – Prospects for Food, Nutrition, Agriculture and Majority Commodity Groups*. Rome, FAO.

FAO, 2011: *The State of the World's Land and Water Resources: Managing Systems at Risk*. London, Earthscan.

Giacomin, G. S.; Ohnuma, A. A., 2012: *A pegada hídrica como instrumento de conscientização ambiental*, REMOA-UFSM, v. 7.

Gleick, P. H., 2000: *The changing water paradigm: a look at twenty-first century water resources development*, Water International, v. 25.

Hoekstra, A.Y.; Chapagain, A. K., 2007: *Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern*, Water resources Management.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2009: *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*. Water Footprint Network, Ensched, The Netherlands.

Hoekstra, A. Y., 2010 *The water footprint of animal products*. In: J. D' Silva and J. Webster (eds) *The Meat Crisis: Developing More Sustainable Production and Consumption*, Earthscan, London.

INE, 2001: *Recenseamento Geral da Agricultura 1999 – Entre Douro e Minho: Principais Resultados*.

INE, 2001: *Recenseamento Geral da Agricultura 1999 – Trás-os-Montes: Principais Resultados*.

INE, 2011: *O uso da água na agricultura 2011*.

INE, 2011: *Recenseamento Agrícola 2009 - Análise dos principais resultados*.

INE, 2014: *Estatísticas Agrícolas 2013*.

IPCC, 2007: Sumário para os Formuladores de Políticas. Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, Paris - França.

IPCC, 2013: Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP6.0 [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. 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.)]. Available from www.climatechange2013.org and www.ipcc.ch.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. 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.

IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

Lena, B. P., Flumignan, D. L., Faria, R. T., 2011: *Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de cafeeiros adultos*, v. 46, Brasília – Brasil.

Liang, L.; Lijuan, L.; Zhang, L.; Li, J., 2008: *Sensitivity of Penman-Monteith reference crop evapotranspiration in Tao'er River Basin of northeastern China. Chinese Geographical Science*, v.18.

Maracajá, K. F.B., Silva, V. P. R., Neto, J. D., Araújo, L. E., 2012: *Pegada Hídrica como Indicador de sustentabilidade Ambiental*. REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Vol. 2, nº 2

Oliveira, I., Maia, J., 2003: *Necessidades Hídricas das Culturas – Considerações Gerais*.

Ortega-Farias, S.; Irmak, S.; Cuenca, R., 2009: *Special issue on evapotranspiration measurement and modeling*. Irrigation Science.

Pereira, L. S., 2004: *Necessidades de água e métodos de rega*.

Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., Raes, D., 2012: *Crop Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 66, Roma – Itália.

Supit, C.A.; Van Diepen, H.L.; Boogaard, F.; Ludwig, B.; Baruth, T., 2009: *Trend analysis of the water requirements, consumption and deficit of field crops in Europe, Agricultural and Forest Meteorology*, v. 150.

UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division), 2009: *World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights, Working Paper No. ESAP/P/WP. 210*. New York, UN.

UN-Water, 2012: *Managing Water under Uncertainty and Risk*, The United Nations World Water Development Reporte 4- Volume 1.

WWAP (World Water Assessment Programme), 2009: *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*.

6. SITES

Food and Agriculture Organization, <http://www.fao.org/home/en/>, julho de 2014

Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/>, julho de 2014

UN-Water, <http://www.unwater.org/>, agosto de 2014

Global Footprint Network, <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/>, agosto de 2014

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, <http://www.ipma.pt/pt/index.html>, julho de 2014

Instituto Nacional de Estatística, www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main, julho de 2014

Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte, <http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/index1.html>, maio de 2014

Sistema de Informação de Mercados agrícolas, <http://www.gpp.pt/sima.html>, maio de 2014

7. ANEXOS

7.1. Anexo I

Tabela 22: Evapotranspiração de referência ocorrida nas 3 décadas de cada mês para determinação da evapotranspiração de referência total do mês para a batata, milho, vinha e olival

		ETo (mm)			
	Mês	1ª década	2ª década	3ª década	Total
Batata	Abril	20	40	40	100
	Maio	40	40	50	130
	Junho	50	50	80	180
	Julho	80	65	65	210
	Agosto	65	65	65	195
Milho	Abril	20	40	40	100
	Maio	40	40	50	130
	Junho	50	50	80	180
	Julho	80	65	65	210
	Agosto	50	65	65	180
Vinha	Abril	20	40	40	100
	Maio	40	40	50	130
	Junho	50	50	80	180
	Julho	80	65	65	210
	Agosto	65	65	65	195
	Setembro	50	50	30	130
	Outubro	30	20	15	65
Olival	Março	20	20	30	70
	Abril	20	40	40	100
	Maio	40	50	65	155
	Junho	65	65	80	210
	Julho	80	80	80	240
	Agosto	65	80	80	225
	Setembro	50	50	40	140
	Outubro	30	20	20	70
	Novembro	15	15	15	45

Tabela 23: Evapotranspiração de referência ocorrida nas 3 décadas de cada mês para determinação da evapotranspiração de referência total do mês para a maçã e o kiwi

	Mês	ET _o (mm)			Total
		1ªdecada	2ªdecada	3ªdecada	
Maçã	Março	15	20	20	55
	Abril	20	40	50	110
	Maio	40	40	50	130
	Junho	50	50	80	180
	Julho	80	65	65	210
	Agosto	65	65	65	195
	Setembro	50	50	30	130
	Outubro	30	20	15	65
Kiwi	Abril	20	40	40	100
	Maio	40	40	50	130
	Junho	40	40	80	160
	Julho	80	50	50	180
	Agosto	50	65	65	180
	Setembro	50	50	30	130
	Outubro	30	15	15	60

Tabela 24: Temperatura, precipitação e evapotranspiração ocorridas em 2013

		2013							
		Mês	Temperatura (°C)			PP (mm)	ET _o (mm)	K _c	ET (mm)
			Max	Min	Med				
Batata	Abril	18	6	12	100	100	0,50	50	
	Maio	20	8	14	50	130	0,83	107	
	Junho	26	12	19	10	180	1,15	207	
	Julho	34	16	25	25	210	1,15	242	
	Agosto	32	14	23	1	195	0,75	146	
Milho	Abril	18	8	13	150	100	0,30	30	
	Maio	22	8	15	50	130	0,75	98	
	Junho	26	12	19	25	180	1,20	216	
	Julho	32	16	24	25	210	1,20	252	
	Agosto	32	16	24	1	180	0,60	108	
Vinha	Abril	20	8	14	100	100	0,30	30	
	Maio	22	8	15	50	130	0,43	56	
	Junho	26	12	19	25	180	0,57	102	
	Julho	32	16	24	25	210	0,70	147	
	Agosto	32	16	24	1	195	0,62	120	
	Setembro	30	14	22	100	130	0,53	69	
	Outubro	22	12	17	200	65	0,45	29	
Olival	Março	14	6	10	200	70	0,65	46	
	Abril	18	6	12	100	100	0,60	60	
	Maio	20	8	14	50	155	0,55	85	
	Junho	26	12	19	25	210	0,55	116	
	Julho	34	16	25	25	240	0,50	120	
	Agosto	34	16	25	1	225	0,50	113	
	Setembro	30	14	22	50	140	0,55	77	
	Outubro	22	12	17	150	70	0,60	42	
	Novembro	14	4	9	25	45	0,65	29	
	Maçã	Março	14	6	10	300	55	0,3	17
Abril		20	8	14	100	110	0,4	44	
Maio		22	8	15	50	130	0,6	78	
Junho		26	12	19	10	180	0,82	148	
Julho		34	18	26	10	210	0,92	193	
Agosto		34	16	25	1	195	0,93	181	
Setembro		30	16	23	100	130	0,95	124	
Outubro		22	12	17	200	65	0,6	39	

Kiwi	Abril	20	8	14	150	100	0,5	50
	Maio	22	8	15	100	130	0,7	91
	Junho	26	14	20	50	160	0,9	144
	Julho	30	18	24	50	180	1,1	198
	Agosto	30	16	23	5	180	1,1	198
	Setembro	30	16	23	100	130	0,8	104
	Outubro	22	14	18	300	60	0,8	48

Tabela 25: Temperatura, precipitação e evapotranspiração previstas para 2035

		Previsões para 2035 (RPC6.0)								
		2016-2035		2035						
		Mês	ΔT (°C)	ΔPP (%)	Temperatura (°C)			PP (mm)	ETo (mm)	Kc
Max	Min				Med					
Batata	Abril	1	10	19	7	13	110	103	0,50	52
	Maio	1	10	21	9	15	55	134	0,83	111
	Junho	1,5	10	27,5	13,5	20,5	11	187	1,15	215
	Julho	1,5	10	35,5	17,5	26,5	27,5	217	1,15	250
	Agosto	1,5	10	33,5	15,5	24,5	1,1	202	0,75	152
Milho	Abril	1	10	19	9	14	165	103	0,30	31
	Maio	1	10	23	9	16	55	134	0,75	100
	Junho	1,5	10	27,5	13,5	20,5	27,5	187	1,20	225
	Julho	1,5	10	33,5	17,5	25,5	27,5	218	1,20	261
	Agosto	1,5	10	33,5	17,5	25,5	1,1	186	0,60	112
Vinha	Abril	1	10	21	9	15	110	103	0,30	31
	Maio	1	10	23	9	16	55	134	0,43	58
	Junho	1,5	10	27,5	13,5	20,5	27,5	187	0,57	106
	Julho	1,5	10	33,5	17,5	25,5	27,5	218	0,70	152
	Agosto	1,5	10	33,5	17,5	25,5	1,1	202	0,62	125
	Setembro	1	10	31	15	23	110	133	0,53	71
	Outubro	1	10	23	13	18	220	67	0,45	30
Olival	Março	1	10	15	7	11	220	73	0,65	47
	Abril	1	10	19	7	13	110	103	0,60	62
	Maio	1	10	21	9	15	55	160	0,55	88
	Junho	1,5	10	27,5	13,5	20,5	27,5	219	0,55	120
	Julho	1,5	10	35,5	17,5	26,5	27,5	248	0,50	124
	Agosto	1,5	10	35,5	17,5	26,5	1,1	233	0,50	116
	Setembro	1	10	31	15	23	55	144	0,55	79
	Outubro	1	10	23	13	18	165	72	0,60	43
	Novembro	1	10	15	5	10	27,5	47	0,65	30

Maçã	Março	1	10	15	7	11	330	57	0,30	17
	Abril	1	10	21	9	15	110	113	0,40	45
	Maiο	1	10	23	9	16	55	134	0,60	80
	Junho	1,5	10	27,5	13,5	20,5	11	187	0,82	154
	Julho	1,5	10	35,5	19,5	27,5	11	217	0,92	200
	Agosto	1,5	10	35,5	17,5	26,5	1,1	202	0,93	188
	Setembro	1	10	31	17	24	110	133	0,95	127
	Outubro	1	10	23	13	18	220	67	0,60	40
Kiwi	Abril	1	10	21	9	15	165	103	0,50	52
	Maiο	1	10	23	9	16	110	134	0,70	94
	Junho	1,5	10	27,5	15,5	21,5	55	166	0,90	150
	Julho	1,5	10	31,5	19,5	25,5	55	186	1,10	205
	Agosto	1,5	10	31,5	17,5	24,5	5,5	187	1,10	205
	Setembro	1	10	31	17	24	110	133	0,80	107
	Outubro	1	10	23	15	19	330	62	0,80	49

7.2. Anexo II

Tabela 26: Diferença entre o método 1 e 2 relativamente à previsão do volume de água e a produção agrícola

	RA 09 VS "Uso da água"							
	VA - 2013	VA - 2035			PA - 2013	PR - 2035		
		Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4		Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Batata	-24	-24	-24	-24	18	-2	-2	-2
Milho	-342	-342	-342	-342	74	-15	-15	-15
Vinha	48	48	48	48	-93	0	0	0
Olival	-53	-53	-53	-53	33	-3	-3	-3
Maçã	36	36	36	36	-57	0	0	0
Kiwi	66	66	66	66	-193	0	0	0

Tabela 27: Diferença entre os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão do volume de água

	VA - 2035					
	Cenários 2 e 3		Cenários 3 e 4		Cenários 2 e 4	
	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"
Batata	6	6	-2	-2	4	4
Milho	6	6	-2	-2	4	4
Vinha	6	6	-3	-3	3	3
Olival	6	6	-3	-3	3	3
Maçã	6	6	-3	-3	3	3
Kiwi	6	6	-3	-3	3	3

Tabela 28: Diferença entre o cenário 1 e os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão do volume de água

	VA - 2035					
	Cenários 1 e 2		Cenários 1 e 3		Cenários 1 e 4	
	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"
Batata	-10	-10	-4	-4	-6	-6
Milho	-10	-10	-4	-4	-6	-6
Vinha	-10	-10	-3	-3	-6	-6
Olival	-10	-10	-3	-3	-6	-6
Maçã	-10	-10	-3	-3	-6	-6
Kiwi	-10	-10	-3	-3	-6	-6

Tabela 29: Diferença entre os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão da produção agrícola

	PR - 2035					
	Cenários 2 e 3		Cenários 3 e 4		Cenários 2 e 4	
	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"
Batata	6	6	-2	-2	4	4
Milho	6	6	-2	-2	4	4
Vinha	6	6	-3	-3	3	3
Olival	6	6	-3	-3	3	3
Maçã	6	6	-3	-3	3	3
Kiwi	6	6	-3	-3	3	3

Tabela 30: Diferença entre o cenário 1 e os cenários 2, 3 e 4 relativamente à previsão da produção agrícola

	PR - 2035					
	Cenários 1 e 2		Cenários 1 e 3		Cenários 1 e 4	
	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"	RA 2009	"Uso da água"
Batata	-10	-13	-4	-6	-6	-9
Milho	-10	-27	-4	-20	-6	-22
Vinha	-10	-10	-3	-4	-6	-7
Olival	-10	-13	-3	-6	-6	-9
Maçã	-10	-10	-3	-3	-6	-6
Kiwi	-10	-10	-3	-3	-6	-6