



Avaliação das externalidades do regadio em Portugal

Entidade promotora:

FENAREG – Federação Nacional de Regantes de Portugal

entidade líder do Projeto “Desenvolvimento e Inovação no Regadio”, financiado pelo Programa para a Rede Rural Nacional (PRRN), em parceria com:

ADL - Associação de Desenvolvimento do Litoral Alentejano

CHARNECA - Associação para a Promoção Rural da Charneca Ribatejana

LEADERSOR -Associação para o Desenvolvimento Rural Integrado do Sor

Coordenação geral:

António Gonçalves Ferreira, EcoAgro – Consultadoria e Gestão Agrícola, Lda.

Coordenação científica:

Tiago Domingos, ADIST/IST – Associação para o Desenvolvimento do Instituto Superior Técnico/ Instituto Superior Técnico

Redatora principal:

Tatiana Valada, ADIST/IST

Redatores:

Ricardo da Silva Vieira (secções de solo, água, atmosfera, energia), ADIST/IST

Carlos MGL Teixeira (secção de biodiversidade), ADIST/IST

Estudo elaborado entre Agosto de 2012 e Junho de 2013

Sumário executivo

Em Portugal, a produção nacional de bens alimentares assegura cerca de 70% do consumo, gera aproximadamente 2% do PIB e é responsável por mais de 10% do emprego total do país. Dada a reconhecida importância do sistema de produção agrícola em regadio no desenvolvimento social e económico, é aqui objetivo completar a análise global da sua influência, dando ênfase à componente ambiental. Para esse efeito são considerados os seguintes temas: solo, água, atmosfera, energia e biodiversidade (ver Tabela 1).

Tabela 1. Síntese metodológica

Tema	Sub-tema	Metodologia
Solo	Ocupação de área	Análise de informação cultural
	Balanço de nutrientes	Recomendada pela OCDE e IPCC
	Ocorrência de salinização	Análise bibliográfica
Água	Utilização do recurso	Pegada hídrica Análise bibliográfica
	Lixiviação potencial	Recomendada pela OCDE e IPCC
	Qualidade dos recursos hídricos	Análise bibliográfica
	Microclima	Análise bibliográfica
Atmosfera	Macroclima	Análise de ciclo de vida
	Consumo de energia primária	Análise de ciclo de vida
Energia	Produção hidroelétrica	Análise de informação local Análise bibliográfica
	Alteração de habitats	Análise bibliográfica
Biodiversidade	Estabelecimento de caudais ecológicos	Análise bibliográfica

A abordagem metodológica preferencial corresponde ao uso de ferramentas ou procedimentos reconhecidos internacionalmente pela comunidade científica, como são a análise de ciclo de vida e as recomendações da OCDE e/ou IPCC. Caso tal não se verifique possível, são utilizadas abordagens mais empíricas, que pretendem refletir a realidade em análise. Se este último também não se verificar possível, é utilizada informação geral constante na literatura.

A análise é efetuada considerando 7 culturas: arroz, milho, tomate, brócolo, laranja, olival e pastagens. Estas culturas representam mais de 75% da área de produção nacional em regadio público e 60% da área total de culturas regadas em Portugal.

No contexto português a agricultura de regadio desempenha um papel crucial no aprovisionamento alimentar. Assumindo a necessidade de manter o consumo alimentar constante, a produção agrícola em regadio é analisada em comparação com um sistema alternativo, que garanta a realidade produtiva atual – o **cenário contrafactual**. Assim, de acordo com as características das culturas foram analisados os seguintes cenários:

- (1) Produção nacional em regadio versus importação do produto;
- (2) Produção nacional em regadio versus a mesma produção em sequeiro.

A análise das externalidades do regadio em Portugal é efetuada comparativamente ao cenário alternativo de produção, sequeiro ou importação. A correspondência entre as culturas analisadas e o cenário contrafactual é dada na Tabela 2. Trata-se de uma inovação de abordagem, já recomendada na literatura, mas nunca aplicada da forma integrada aqui apresentada.

Tabela 2. Cenário contrafactual por cultura

Cultura	Cenário contrafactual
Arroz	Importação
Milho	Importação
Tomate	Importação
Brócolo	Importação
Laranja	Importação
Olival	Sequeiro
Pastagens	Sequeiro

Uma apreciação global, incluindo todos os temas analisados, permite-nos afirmar que, em face do cenário alternativo, a produção agrícola em regadio português permite a existência de externalidades positivas. Comparativamente aos cenários alternativos (importação ou sequeiro), a produção em regadio português apresenta produtividades mais elevadas, permitindo uma libertação de área que idealmente poderá ser usada para conservação da natureza. Relativamente a questões associadas ao uso intensivo de fertilizantes, não são assinalados problemas generalizados de poluição potencial das massas de água. Em contraposição com a agricultura de sequeiro, o maior controlo dos períodos de rega, associado a uma correta gestão, pode permitir também uma diminuição da lixiviação. Em termos de utilização de água, para ano médio, a escassez de água não constitui um problema. Contudo, o mesmo não é verdade para ano seco. Comparativamente à importação, a produção nacional tem associado um menor transporte de produtos, e portanto um menor impacto em termos de emissão de gases com efeito de estufa e consumo energético (ver Tabela 3).

Foi obtida a quantificação, por tonelada de produto agrícola (ou hectare, no caso das pastagens) das externalidades para as categorias de ocupação de área, balanço de nutrientes, utilização de recursos hídricos, lixiviação potencial, impacto no clima global, consumo de energia primária e produção de energia hidroelétrica. Para as restantes externalidades (ocorrência de salinização, qualidade dos recursos hídricos, alteração de habitats, estabelecimento de caudais ecológicos) a análise foi sobretudo qualitativa, recorrendo a casos de estudo documentados.

Tabela 3. Sumário dos resultados

Tema	Sub-tema	Apreciação global
Solo	Ocupação de área	√/ X
	Balanço de nutrientes	?
	Ocorrência de salinização	√/ X
Água	Utilização do recurso	?
	Lixiviação potencial	?
	Qualidade dos recursos hídricos	?
Atmosfera	Impacto no clima regional	?
	Impacto no clima global	√
Energia	Consumo de energia primária	√
	Produção hidroelétrica	√
	Alteração de habitats	?
Biodiversidade	Estabelecimento de caudais ecológicos	√/ X

√/ X – significa que têm lugar externalidades positivas e negativas, dependendo das características particulares
 √ - significa que a produção de regadio em Portugal tem, inequivocamente, externalidades positivas
 ? – significa que não se verificou possível compreender a natureza das externalidades

A análise é efetuada por tonelada de produto agrícola, dependendo o balanço final da produção efetiva. Uma análise considerando a área total regada para o ano de 2009, permite-nos efetuar um balanço final, para as características de produção consideradas.

Esta análise é efetuada para as categorias para as quais foi possível a quantificação de externalidades. Para as restantes, mantêm-se válidas as conclusões antes apresentadas.

De acordo com a Tabela 4, o regadio nacional apresenta externalidades positivas ou inconclusivas. O desempenho positivo reforça a importância da agricultura de regadio em Portugal.

Tabela 4. Avaliação das externalidades considerando a produção para 2009

Tema	Sub-tema	Apreciação global
Solo	Ocupação de área	√
	Balanço de nutrientes	?
Água	Utilização do recurso	?
	Lixiviação potencial	?
Atmosfera	Impacto no clima global	√
Energia	Consumo de energia primária	√

Índice

SUMÁRIO EXECUTIVO.....	III
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO.....	1
1.2. CONTEXTO AMBIENTAL.....	2
1.3. OBJETIVOS E ESTADO DA ARTE.....	3
1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	3
2. METODOLOGIA.....	5
2.1. VISÃO GERAL.....	5
2.1. DEFINIÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO.....	7
3. RESULTADOS.....	13
3.1. SOLO.....	13
3.2. ÁGUA.....	19
3.3. ATMOSFERA.....	31
3.4. ENERGIA.....	36
3.5. BIODIVERSIDADE.....	40
4. INCERTEZAS E LIMITAÇÕES.....	46
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO I APROVEITAMENTOS HIDROAGRÍCOLAS ASSOCIADOS DA FENAREG.....	57
ANEXO II DESCRIÇÃO DAS CULTURAS.....	60
AII.1. FOLHAS DE CULTURA.....	60
AII.2. SUMÁRIO DOS FATORES DE PRODUÇÃO NACIONAIS.....	69
ANEXO III SOLO: ÁREA INUNDADA POR ALBUFEIRAS.....	79
ANEXO IV SOLO: BALANÇO DE NUTRIENTES AO SOLO.....	82
AIV.1. BALANÇO AO AZOTO DO SOLO.....	82
AIV.2. BALANÇO AO FÓSFORO (P_2O_5) DO SOLO.....	87
ANEXO V ENERGIA E CLIMA: CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA E EMISSÕES DE GEE.....	92
AV.1. FRONTEIRA DE ANÁLISE.....	92
AV.2. INVENTÁRIO DE DADOS.....	93

Lista de Tabelas

Tabela 1. Síntese metodológica.....	iii
Tabela 2. Cenário contrafactual por cultura.....	iv
Tabela 3. Sumário dos resultados.....	v
Tabela 4. Avaliação das externalidades considerando a produção para 2009	v
Tabela 5. Culturas em análise e correspondente cenário contrafactual	6
Tabela 6. Síntese da metodologia seguida para a avaliação de externalidades do regadio	6
Tabela 7. Ocupação de área	14
Tabela 8. Balanço de nutrientes ao solo, por cultura.....	16
Tabela 9. Pegada hídrica por sistema cultural.....	20
Tabela 10. Utilização de água por sistema cultural.....	20
Tabela 11. Balanço hídrico por região hidrográfica	22
Tabela 12. Lixiviação potencial por cultura	24
Tabela 13. Definição das classes de qualidade do SNIRH.....	25
Tabela 14. Evolução temporal da qualidade de água superficial.....	25
Tabela 15. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais	27
Tabela 16. Classificação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos	28
Tabela 17. Análise sumária da classificação de qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.....	28
Tabela 18. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos.....	30
Tabela 19. Emissões de GEE nos vários cenários por cultura	33
Tabela 20. Valorização económica das emissões de GEE da produção de regadio nacional.....	35
Tabela 21. Consumos de energia primária por cultura	37
Tabela 22. Energia produzida versus energia consumida nos aproveitamentos hidroagrícolas	39
Tabela 23. Sumário dos resultados para as externalidades avaliadas	49
Tabela 24. Externalidades totais considerando valores de produção para 2008 e 2009	50
Tabela 25. Aproveitamentos hidroagrícolas associados da FENAREG.	57
Tabela 26. Sumário dos inputs usados nas diferentes culturas nacionais.....	70
Tabela 27. Produtividades nacionais.....	71
Tabela 28. Número de operações mecânicas, por hectare, para a produção de arroz, milho, tomate e brócolo.....	72
Tabela 29. Transporte de materiais, por hectare, para a produção nacional de arroz, milho, tomate e brócolo	72
Tabela 30. Número de operações mecânicas, por hectare, usadas na produção de laranja (citrinos).....	73
Tabela 31. Número de operações mecânicas, por hectare, usadas na produção de olival.....	73
Tabela 32. Transporte para o lagar na produção nacional de olival	73

Tabela 33. Número de principais operações mecânicas, por hectare, usadas nas pastagens.....	74
Tabela 34. Fatores de sequestro referentes às pastagens.....	74
Tabela 35. Fração de bovinos para carne, em pastagem, em Portugal em 2010	74
Tabela 36. Características da importação portuguesa de carne de bovino.....	75
Tabela 37. Principais características da produção para os países exportadores.....	77
Tabela 38. Área inundada ao nível de pleno armazenamento, para as albufeiras cuja utilização inclui rega.....	79
Tabela 39. Fatores de emissão para o balanço de azoto à superfície do solo.....	85
Tabela 40. Número de cabeças de bovinos (nci) em pasto para cada tipo de pastagem.....	86
Tabela 41. Taxa de excreção de azoto por bovinos - N_{exc}	86
Tabela 42. Quantidades de azoto retidas nos animais por tipo de pastagem	87
Tabela 43. Composição de algumas culturas de regadio	87
Tabela 44. Taxa de excreção de fósforo por bovinos.....	90
Tabela 45. Quantidades de fósforo retidas nos animais por tipo de pastagem	90
Tabela 46. Extração de fósforo por culturas de regadio	91
Tabela 47. Fertilizantes inorgânicos usados para a análise de ciclo de vida.....	94
Tabela 48. Fatores de emissão de azoto introduzido no solo para N_2O	95
Tabela 49. Emissões de N_2O da incorporação de resíduos agrícolas nos solos.....	95
Tabela 50. Emissões de metano de terrenos inundados.....	96
Tabela 51. Fatores de emissão de gases de efeito de estufa de animais em pasto.....	96
Tabela 52. Emissões e sequestro de gases de efeito de estufa das pastagens.....	97

Lista de Figuras

Figura 1. Cenário de produção nacional em rotação de brócolos em rotação	7
Figura 2. Cenários de produção nacional em regadio versus sequeiro para o olival (esq.) e para as pastagens (dta.)	9
Figura 3. Cenários de produção nacional versus importação para o arroz (esq.) e milho (dta.)	10
Figura 4. Cenários de produção nacional versus importação a laranja.....	10
Figura 5. Cenários de produção nacional versus importação para o tomate (esq.) e o brócolo (dta.)	11
Figura 6. Situação de escassez hídrica para as águas de superfície	22
Figura 7. Representação espacial do estado dos recursos hídricos superficiais, para 2011, 2003 e 1995.....	26
Figura 8. Representação esquemática da classificação do estado das massas de água superficiais	26
Figura 9. Representação esquemática da classificação do estado das massas de água subterrâneas	29
Figura 10. Emissões de GEE evitadas com o regadio por unidade de preço de cultura no produtor	35
Figura 11. Energia primária usada (evitada) para as várias culturas do regadio nacional.....	38
Figura 12. Panorama ilustrativo do mosaico de usos de solo.....	41
Figura 13. Importações de arroz para Portugal	78
Figura 14. Importações de milho para Portugal	78
Figura 15. Balanço de azoto ao solo agrícola.....	82
Figura 16. Balanço ao fósforo em solos agrícolas.....	88
Figura 17. Principais processos e gases de efeito de estufa incluídos neste estudo para a produção nacional.....	93

Lista de acrónimos

AHPRM	Aproveitamento Hidroagrícola do Perímetro de Rega do Mira
ACV	Análise de Ciclo de Vida
AIA	Avaliação de Impacte Ambiental
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
APRH	Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
CN	Cabeça Normal
DIA	Declaração de Impacte Ambiental
DGADR	Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DQA	Diretiva-Quadro Água
EEA	Agência Europeia do Ambiente (<i>European Environmental Agency</i>)
EFMA	Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva
EIA	Estudo de Impacte Ambiental
FAO	Organização para a Alimentação e Agricultura (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
FENAREG	Federação Nacional de Regantes de Portugal
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GPP	Gabinete de Planeamento e Políticas
IBA	Área importante para aves (<i>Important Bird Area</i>)
IPCC	Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
ITI	Intervenção Territorial Integrada
NPA	Nível de Pleno Armazenamento
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONGA	Organizações Não Governamentais de Ambiente
PIB	Produto Interno Bruto
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PPSBRL	Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas
PRODER	Programa de Desenvolvimento Rural para Portugal Continental, 2007-2013
PSA	Plano Sectorial Agrícola
RH	Região Hidrográfica
SAU	Superfície Agrícola Utilizada
SIC	Sítio de Interesse Comunitário
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza
VAB	Valor Acrescentado Bruto
ZEC	Zona Especial de Conservação
ZPE	Zona de Proteção Especial

1. Introdução

Portugal faz parte da região Mediterrânea (no seu total 11% do território Europeu) (<http://www.eea.europa.eu>, consultado em Janeiro de 2013). Para esta região, o clima apresenta-se seco e quente no verão, com invernos frescos e húmidos (Nunes *et al.*, 2009). A não coincidência temporal entre ocorrência de precipitação e disponibilidade de radiação solar traz fortes limitações à prática agrícola. No período em que as plantas teriam as melhores condições para crescer e produzir, em termos de temperatura e insolação, a falta de água impede um crescimento adequado. Quando possuem água em abundância, as baixas temperaturas e o menor número de horas de sol impedem a obtenção de elevados crescimentos e produção (Nunes *et al.*, 2009). A agricultura de regadio apresenta-se assim como um modo natural de ultrapassar uma limitação climática. Tal limitação é reconhecida pela Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2012), de acordo com a qual “(...) *Em zonas áridas e semiáridas da Europa, incluindo o sul de França, Grécia, Itália, Portugal, Chipre e Espanha, a prática de irrigação permite a existência de produção agrícola onde a água seria, de outra forma, um fator limitante*”.

1.1. Contexto socioeconómico

Em Portugal, e de acordo com dados para o ano de 2009, a produção nacional de bens alimentares assegura cerca de 70%¹ do consumo, sendo que, para a última década, a capacidade exportadora aumentou a um ritmo superior ao das importações (7% versus 4,5%)² (GPP, 2012). Tal acarreta vantagens sociais e económicas, quer por questões de segurança alimentar, quer pela criação de emprego e dinamização das áreas rurais. Na atualidade, o sector agrícola gera aproximadamente 2% do PIB do total da economia. Em termos de emprego, a agricultura é responsável por mais de 10% do emprego total do país (8% em volume de trabalho) (GPP, 2012). O emprego agrícola apresenta-se determinante para algumas sub-regiões do país, nomeadamente para Alto Trás-os-Montes, Pinhal Interior Sul, Beira Interior Norte e Beira Interior Sul, para as quais este correspondeu, respetivamente, a cerca de 48%, 40%, 41% e 44% do emprego total (GPP, 2012).

De acordo com o recenseamento agrícola de 2009, a composição da superfície das explorações agrícolas registou uma transferência na ocupação do solo entre as terras aráveis e os prados e pastagens, tendo as culturas permanente mantido a área (INE, 2011). Entre 1999 e 2009 a dimensão média das explorações aumentou de 9,8 para 12,7 ha (INE, 2011). A Superfície Agrícola Utilizada (SAU) ocupa 39% do território continental (3 542 305 ha), estando o regadio

¹ Valor obtido depois de descontadas as produções alimentares que são dirigidas para consumos intermédios dos próprios ramos alimentares.

² Valor médio anual.

presente em 13% da área (INE, 2011). Relativamente à proporção de superfície irrigável que é efetivamente regada, Portugal é um dos Estados Membros que melhor aproveita as infraestruturas instaladas de regadio, com 86% da superfície irrigável efetivamente regada (INE, 2012).

A implementação de regadio, ao permitir o aumento da produtividade, é reconhecida como fator chave na prestação de serviços de produção, nomeadamente no aprovisionamento alimentar (Matson et al., 1997). A agricultura de regadio é o principal motor do desenvolvimento dos territórios rurais tendo um papel fundamental na melhoria das condições socioeconómicas que os caracterizam. As regiões rurais onde o regadio tem maior peso caracterizam-se por menor decréscimo da população residente; maior densidade demográfica; maior nível de qualificação profissional; maior nível de poder de compra e menor dependência do emprego agrícola. Assim, a agricultura de regadio é fator de resiliência dos territórios rurais sendo essencial na criação de riqueza e permitindo contrariar as tendências de desertificação física e humana do nosso território.

1.2. Contexto ambiental

As práticas agrícolas possuem igualmente um impacto nos serviços de suporte e de regulação. No que respeita aos serviços de suporte, de notar o impacto da prática quer na formação do solo, quer no ciclo de nutrientes. Para os serviços de regulação, a atividade agrícola influi tanto na regulação do clima como na regulação da água. Dada a dependência inter-geracional dos serviços de ecossistema, de salientar a importância de uma gestão de agricultura de regadio tendo em conta os princípios de sustentabilidade, não só nos seus pilares de sociedade e economia mas também no pilar de ambiente.

Neste contexto, e de acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2009), a prática de agricultura de regadio pode levar a um leque de danos ambientais (EEA, 2009), com ênfase num uso excessivo de água, ameaçando a sua disponibilidade e causando danos nos ecossistemas (ver <http://www.eea.europa.eu/articles/the-water-we-eat>, consultado em Junho de 2012). Em termos quantitativos, a mesma fonte indica a agricultura como responsável por cerca de 33% da utilização total de água. Esta percentagem varia significativamente de país para país, podendo atingir 80% para países do sul da Europa. Para Portugal, em 2000 o sector agrícola era responsável por 87% da procura de água, tendo o valor sido reduzido para 81% em 2009 (APA, 2012a). Apesar de ser o maior utilizador de água em Portugal, a agricultura de regadio tem vindo consistentemente a melhorar a sua eficiência na utilização deste recurso. Na última década reduziu o volume total de água utilizado em 33%; tendo a produtividade económica da água subido mais de 30% no mesmo período (Silva, 2012). Esta evolução que resulta quer da concentração da rega nos solos mais aptos, quer na utilização de sistemas de rega mais eficientes, contribui de forma determinante para que se possam cumprir objetivos ambiciosos, como os constantes no PNEUA 2012-2020 que coloca em 35% a fasquia das perdas de água na agricultura (APA, 2012a).

Adicionalmente, e dado o uso de pesticidas e fertilizantes, esta prática agrícola pode estar também associada a uma diminuição da qualidade dos recursos hídricos e solo (EEA, 2009). Contudo, OECD (2006) indica que o sistema de agricultura de regadio poderá contribuir para a provisão de serviços de ecossistema, nomeadamente através do

fornecimento de habitat para espécies. Quando a infraestrutura de rega inclui a existência de albufeiras, estas podem também contribuir para a produção de energia elétrica, controlo de cheias e combate a incêndios.

1.3. Objetivos e estado da arte

A agricultura, sendo a base da provisão de bens alimentares, é uma atividade primordial para a manutenção da sociedade, fato enfatizado nos últimos anos resultado do crescimento da população, da escassez de alimentos essenciais, da crise dos mercados financeiros e da utilização especulativa das *commodities* de produtos alimentares. Sendo já conhecida a sua importância social e económica, é aqui **objetivo a análise dos impactes ambientais associados à prática de agricultura de regadio em Portugal**. Assim, o presente trabalho será efetuado tendo em conta uma análise integrada do ecossistema, numa perspetiva de avaliação de impactos ambientais.

Como principais temas de análise são aqui abordados o solo, a água, a atmosfera, a energia e a biodiversidade. Para estes é objetivo a avaliação do seu impacto ambiental, comparativamente a um cenário de produção contrafactual. Será ainda possível delinear linhas de orientação para potenciais medidas mitigadoras de impactos negativos e potenciadoras de impactos positivos.

Embora para Portugal não se encontre ainda efetuada uma análise integrada para a prática agrícola de regadio, a nível internacional é possível encontrar exemplos de análise, nomeadamente recorrendo ao desenvolvimento de cenários comparativos, reais ou teóricos. Estudos comparativos de desempenho económico e ambiental de entidades agrícolas na Austrália permitiram concluir da relevância deste tipo de análise, em particular dos trade-offs que poderão existir, de modo a maximizar o desempenho dos sistemas (Azad & Ancev, 2010). Considerando ainda a Austrália como caso de estudo, Jackson *et al.* (2011) discutem a relação entre técnicas de irrigação, consumo energético e emissões. Bartolini *et al.* (2007) elaboraram um estudo, para Itália, considerando 5 cenários que pretendem representar aspetos de política, mercado e tecnologia agrícola: “Agenda 2000”, “mercado global”, “sustentabilidade global”, “agricultura provincial” e “comunidade local”. Foram considerados 4 sistemas agrícolas em regadio: cereais, arroz, fruta, vegetais e citrinos. Ainda para Itália, Bazzani *et al.* (2005) focaram-se na avaliação da sustentabilidade económica, social e ambiental dos sistemas europeus de agricultura de regadio, de acordo com vários cenários relativos a políticas de recursos hídricos e Política Agrícola Comum. Foram considerados dois casos de estudo piloto: cereais e frutos. Martínez-Fernández *et al.* (2013) debruçaram-se sobre a análise de um sistema de regadio tradicional em Huerta Murcia, Espanha. Trata-se de um sistema de regadio com importantes funções de conservação de recursos naturais e culturais. Este sistema tem perdido terreno para novos regadios e para usos não agrícolas, que poderão implicar uma impermeabilização do solo.

1.4. Estrutura do relatório

Este relatório está estruturado da seguinte forma: no **capítulo 2** é descrita a metodologia seguida no estudo, sendo fornecida toda a informação necessária para a elaboração da análise; no **capítulo 3** apresentam-se os resultados obtidos para as categorias ambientais consideradas; por fim, no **capítulo 4** apresentam-se as principais

incertezas associadas ao estudo e no **capítulo 5** as conclusões e notas finais. Em anexo encontram-se detalhados os dados de base e metodologias consideradas.

2. Metodologia

Neste capítulo é definido o caso de estudo, sendo fornecida toda a informação necessária para a sua elaboração. É primeiramente apresentada a visão geral do problema, sendo posteriormente aprofundado o conhecimento do sistema produtivo em análise.

2.1. Visão geral

É aqui objetivo a avaliação das externalidades, positivas e negativas, associadas à prática de agricultura de regadio em Portugal. Dada a reconhecida e amplamente estudada importância socioeconómica, é aqui fortalecida a análise com a vertente ambiental. Para tal são consideradas as principais culturas em regadio: arroz, milho, tomate, brócolo, laranja, olival e pastagens para produção pecuária. Considerando o total de área regada³, para o ano de 2009, as culturas analisadas representam, em área, cerca de 60% da produção agrícola do regadio nacional (<http://www.ine.pt/>, consultado em Janeiro de 2013).

A produção agrícola em regadio tem um papel de elevada importância no aprovisionamento e segurança alimentar. Deste modo, a corrente análise baseia-se na necessidade de manutenção de um consumo alimentar constante. Coloca-se então a questão: **Se não produzir em regadio, quais as condições alternativas de produção? E quais os impactos associados a essa produção?** A análise ao sistema de produção em regadio considera assim um cenário contrafactual, correspondente à possível alternativa à produção em regadio. Para dada cultura de regadio é assumido um de dois possíveis cenários contrafactuais:

- (1) Produção da mesma em sequeiro, com prejuízo da produtividade (ex. produção de olival intensivo versus produção de olival tradicional);
- (2) Produção em outro país e importação para Portugal (ex. importação de milho).

O cenário (1) tem carácter regional, o cenário (2) tem carácter global. O cenário (2) considera a escolha de um local ou locais de importação preferencial.

O desempenho da agricultura de regadio em Portugal será avaliado em comparação com o cenário contrafactual. A correspondência entre culturas e o cenário contrafactual é apresentada na Tabela 5. Para as culturas de arroz, milho, tomate, brócolo e laranja, não sendo competitiva a sua produção em sistema de sequeiro, é

³ De acordo com a definição do Instituto Nacional de Estatística, a superfície regada diz respeito à superfície agrícola da exploração ocupada por culturas temporárias principais, culturas permanentes e prados e pastagens permanentes que foram regadas pelo menos uma vez no ano agrícola (www.ine.pt, consultado em Janeiro de 2013).

assumida a respetiva importação. Para o caso da produção de olival e pastagens, como cenário alternativo, é assumida a sua produção em sequeiro.

Tabela 5. Culturas em análise e correspondente cenário contrafactual

Cultura	Cenário contrafactual
Arroz	Importação
Milho	Importação
Tomate	Importação
Brócolo	Importação
Laranja	Importação
Olival	Sequeiro
Pastagens	Sequeiro

Como já foi referido no capítulo anterior, são analisadas as externalidades da prática agrícola do regadio no **solo**, **água**, **atmosfera**, **energia**, e **biodiversidade**. Uma síntese da metodologia utilizada é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Síntese da metodologia seguida para a avaliação de externalidades do regadio

Tema	Sub-tema	Metodologia
Solo	Ocupação de área	Análise de informação cultural Análise bibliográfica
	Balanço de nutrientes do solo	Balanço de nutrientes ao solo (metodologia da OCDE e IPCC)
	Ocorrência de salinização	Análise bibliográfica
Água	Utilização do recurso	Pegada hídrica Análise bibliográfica
	Lixiviação potencial	Balanço de nutrientes ao solo (metodologia da OCDE e IPCC)
	Qualidade dos recursos hídricos	Análise bibliográfica
Atmosfera	Microclima	Análise bibliográfica
	Macroclima	Análise de ciclo de vida
Energia	Consumo de energia primária	Análise de ciclo de vida
	Produção hidroelétrica	Análise bibliográfica
Biodiversidade	Alteração de habitats	Análise bibliográfica
	Estabelecimento de caudais ecológicos	Análise bibliográfica

De modo a clarificar o âmbito do estudo falta ainda uma análise à escala espacial e temporal. Em termos de escala espacial, temos como objetivo a análise das externalidades da agricultura de regadio em Portugal, sendo portanto óbvia a escala de análise nacional. Contudo, ao definir um cenário contrafactual, surge-nos a inclusão de países exportadores para Portugal, sendo portanto que a análise de externalidades, quando aplicável, inclui o que ocorre nestes países. Por último, e por definição, alguns dos parâmetros analisados têm carácter global, como por exemplo, as alterações climáticas. Refinando a escala nacional, de salientar a subdivisão em escalas local e regional. Como exemplo de uma escala local, temos a avaliação dos nutrientes do solo (associada à produção das culturas em análise); como exemplo de uma escala mais regional temos o impacto da biodiversidade relativa a aproveitamentos hidroagrícolas em particular (ver Anexo I para lista detalhada dos aproveitamentos hidroagrícolas).

Em termos temporais, o estudo pretende analisar a situação para um ano médio produtivo. Contudo, os fatores de produção utilizados, assim como a escolha dos principais países exportadores, variam com o tempo. Neste caso, para situações diferentes das consideradas no estudo, as conclusões não se poderão manter sem uma nova análise.

2.1. Definição do sistema produtivo

A análise das externalidades inclui o conhecimento das características da produção agrícola de regadio em Portugal. Contudo, devido à elaboração do cenário contrafactual (aquele que teria lugar caso não ocorresse produção nacional em regadio) é também necessário o conhecimento das características da produção nacional em sequeiro para o olival e as pastagens, e das características da produção nos principais países exportadores para Portugal, para as restantes culturas (arroz, milho, tomate, brócolo e laranja). A informação acerca dos fatores de produção considerados consta do Anexo II.

2.1.1. Regadio em Portugal

Para as culturas de arroz, milho, tomate, brócolo, laranja, olival e pastagens a análise é efetuada por tonelada de produto final, sendo que no caso do olival é considerada a azeitona e no caso das pastagens o hectare. As culturas são consideradas anuais. Para o caso particular do brócolo em regadio nacional, considera-se um esquema de rotação trianual da seguinte forma (Figura 1): dois anos com uma cultura de inverno (brócolo) e uma cultura de verão (tomate) e um terceiro ano com produção de milho. Assim considera-se, para além da produção de milho e tomate nacional, a produção de milho e tomate em rotação com o brócolo, numa área equivalente à necessária para a produção de 1 tonelada média anual de brócolo. A Nota Explicativa 1 detalha como foram determinadas as produtividades e áreas consideradas neste esquema de rotação.

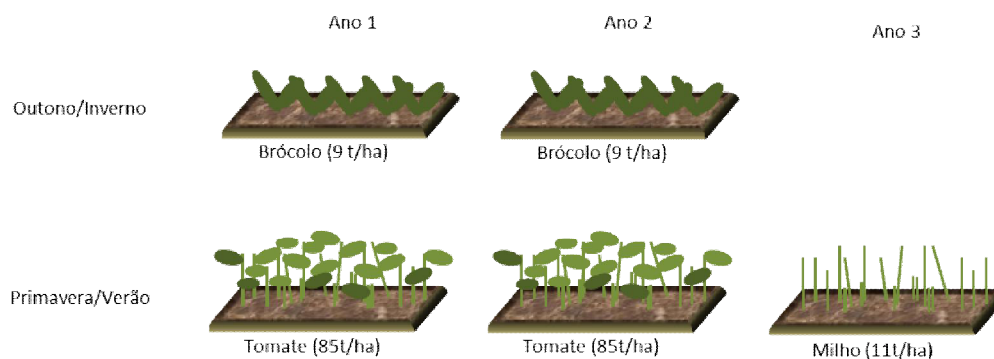


Figura 1. Cenário de produção nacional em rotação de brócolos em rotação

Nota Explicativa 1

Esquema de rotação

Para as hortícolas usa-se como unidade funcional 1 tonelada de brócolo por ano.

- Para se ter uma tonelada de brócolo por ano em média num esquema de rotação de três anos onde o brócolo é produzido em dois deles, significa que se produz 1,5 t de brócolo por ano. Este valor é equivalente a 0,17 ha/ano.
- Nesta área de 0,17 ha/ano produz-se 14,2 t de tomate (85 t/ha) e 1,83 t de milho (11 t/ha).

Assim, tem-se:

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Total	Média
Área usada (ha)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Brócolo (t)	1,5	1,5	0,0	3,0	1,0
Tomate (t)	14,2	14,2	0,0	28,3	9,4
Milho (t)	0,0	0,0	1,8	1,8	0,6

2.1.2. Cenário contrafactual

De notar que, para simplificação de linguagem, a referência a regadio, ou cenário de regadio, assume a produção da cultura principal em análise (arroz, milho, tomate, brócolo, laranja, olival e pastagens) em sistema de regadio nacional. A referência a contrafactual, ou cenário contrafactual, diz respeito à alternativa à produção da principal cultura em regadio nacional.

Definição do cenário 1 – produção nacional substituta do regadio.

Para as culturas de olival e pastagens é assumida a substituição de produção em regadio para sistemas de sequeiro. Para o olival (ver Figura 2) é considerada como unidade primária a tonelada de azeitona produzida em olival intensivo. Como alternativa, essa mesma tonelada poderá ser produzida em sistema de olival tradicional. Neste sistema tradicional é assumida a existência de pastagens naturais nas entrelinhas, com correspondente produção animal. Uma vez que tal não ocorre no olival intensivo, para que a produção final seja constante, é considerada a produção de gado em pastagens internacionais. De notar que está a ser considerada com as mesmas características a produção de gado no cenário de importação e a produção de gado nas pastagens naturais nas entrelinhas do olival tradicional. É de esperar uma menor produtividade para o caso em entrelinha, dado que só parte da área estará com pastagens naturais.

No caso das pastagens (ver Figura 2), é considerada a substituição de um hectare de pastagens de regadio, semeadas e biodiversas, pela mesma área de pastagens naturais. Assim, devido à diferença de encabeçamento entre estas, é assumida a produção de gado em pastagens internacionais. É aqui também assumido que os animais produzidos nas pastagens naturais possuem as mesmas características daqueles produzidos em pastagens biodiversas e que as pastagens naturais em terrenos nacionais são equivalentes às pastagens internacionais.

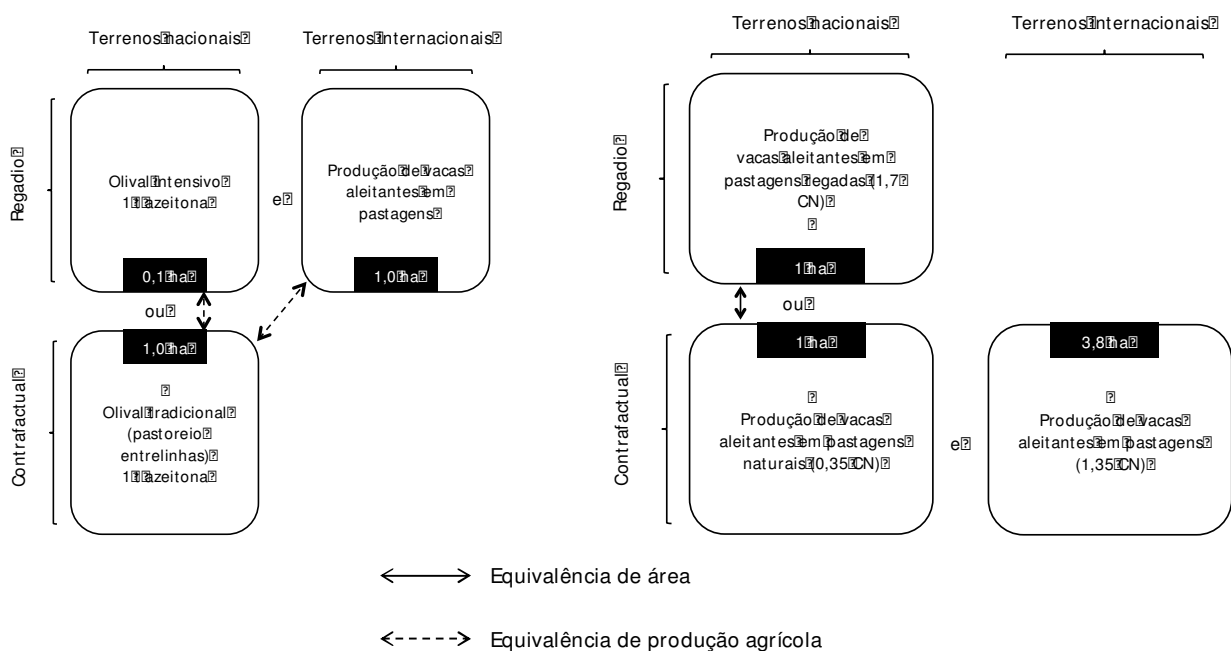


Figura 2. Cenários de produção nacional em regadio versus sequeiro para o olival (esq.) e para as pastagens (dta.)

Definição do cenário 2 – importação como substituto do regadio.

Não sendo plausível a produção nacional em sequeiro, como substituto do regadio, é assumida a importação do produto, não sendo limitada a sua produção a qualquer sistema no país exportador. A elaboração de cenários pretende sempre a manutenção da produção global de produtos alimentares.

Para o arroz, de acordo com as produtividades apuradas (ver Anexo II), para a produção de 1 tonelada de arroz serão necessários cerca de 0,15 ha de solo em regadio nacional. Caso este produto final não seja produzido em regadio nacional, será efetuada a sua importação. Uma vez que, em média, a produtividade relativa aos principais países exportadores é mais baixa do que aqueles registados em regadio nacional, neste caso serão necessários 0,17 ha. De notar que, caso o produto seja importado, é aqui considerado como mais provável a conversão da área anteriormente em regadio para pastagens naturais com produção de gado. Dado que o enfoque do presente estudo assenta na constância da produção de bens alimentares, aquando da produção nacional em regadio, é considerada a produção de gado em pastagens internacionais. Deste modo, é constante quer a produção de arroz, quer a produção de carne, para os dois cenários considerados. É ainda assumida igualdade de características entre as pastagens naturais nacionais e as pastagens internacionais. Assim, a diferença entre a produção de gado em pastagens nacionais ou internacionais é apenas o transporte, caso a carne seja importada. O mesmo raciocínio lógico aplica-se às culturas de milho e de laranja (ver Figura 3 e Figura 4).

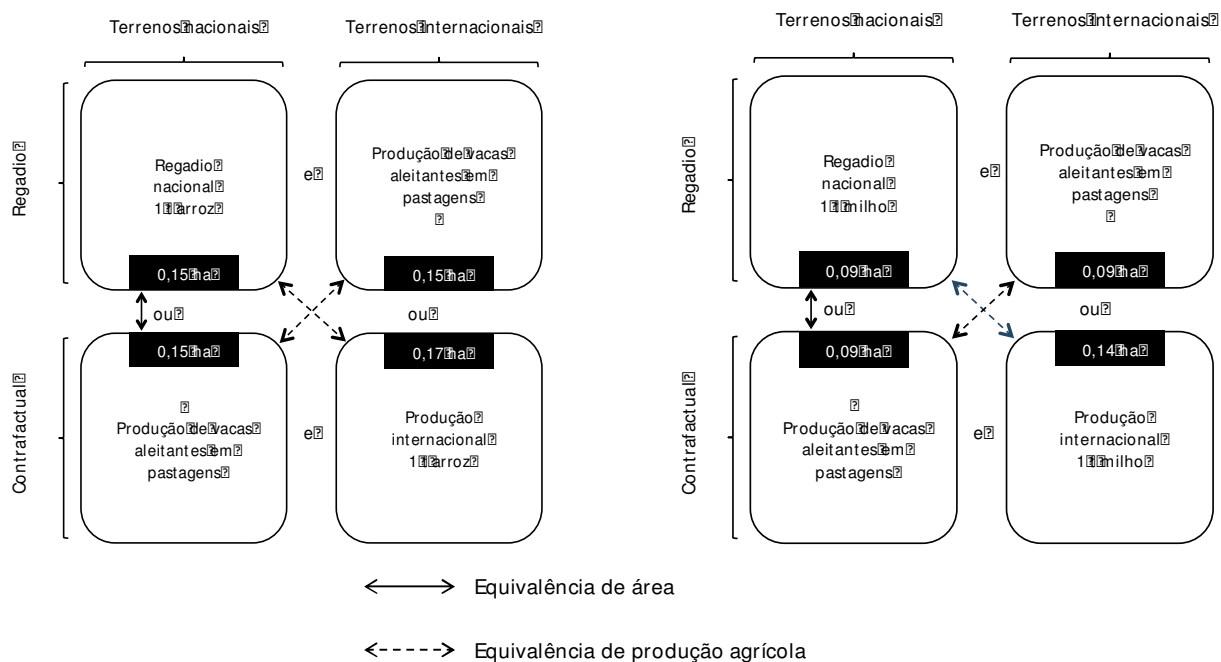


Figura 3. Cenários de produção nacional versus importação para o arroz (esq.) e milho (dta.)

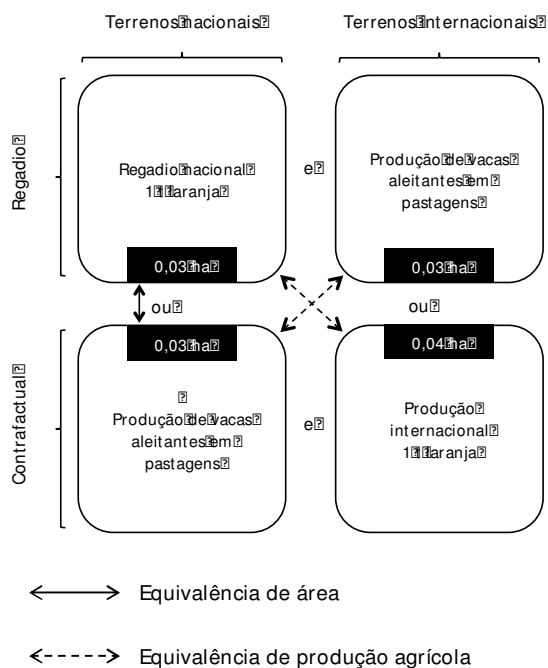


Figura 4. Cenários de produção nacional versus importação a laranja

Para o caso do tomate, caso este não seja produzido em sistema de regadio nacional é assumida a sua importação. O terreno nacional fica alocado à produção de milho (ver Figura 5). De forma similar, para a produção de brócolo (Figura 5), caso este não seja produzido em regadio nacional num esquema de rotação, é importado, ficando o terreno nacional em produção de milho. De salientar que nos países exportadores não é considerada a existência de rotação.

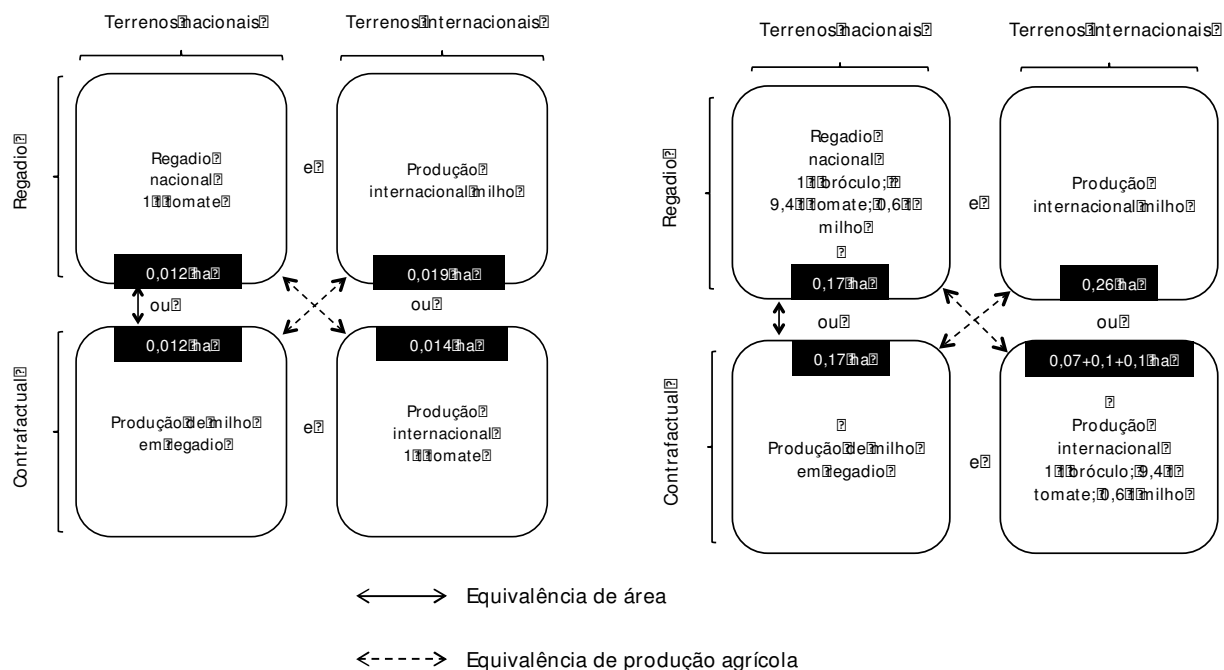


Figura 5. Cenários de produção nacional versus importação para o tomate (esq.) e o brócolo (dta.)

Verifica-se assim necessário o conhecimento dos principais países exportadores para Portugal. Para tal recorreu-se às séries temporais da Organização para a Alimentação e Agricultura (faostat.fao.org). De acordo com esta fonte, para a cultura de tomate e brócolo, Espanha é claramente o maior país de importação nacional (no caso do tomate representa mais de 90% das importações nacionais desde 1988). Neste sentido, usou-se Espanha como único país de importação em ambos os casos. Quer para o tomate, quer para o brócolo, obtiveram-se apenas dados referentes a fertilizações para vegetais gerais. No que respeita aos países dos quais Portugal importa laranja, as maiores importações vêm do Brasil. Neste sentido, usou-se o Brasil como país de importação. Para o caso do milho e do arroz, a situação não é tão linear (ver Anexo II), tendo-se considerado um conjunto de países exportadores para Portugal. No caso do arroz consideram-se como países exportadores a Espanha, Tailândia, Uruguai e a República Dominicana. Para o milho foram considerados a Argentina, França, Brasil, Espanha e a Hungria.

3. Resultados

O presente capítulo tem por objetivo a compreensão das externalidades ambientais da prática agrícola de regadio para o caso de estudo definido. A análise considera as seguintes categorias: solo, água, atmosfera, energia e biodiversidade.

A referência a regadio, ou cenário de regadio, diz respeito à produção agrícola nacional em regadio. A referência a contrafactual ou cenário contrafactual respeita à alternativa à produção nacional em regadio. É avaliado, sempre que possível, o impacto ambiental associado à produção agrícola em cada um dos cenários. A avaliação do desempenho da agricultura de regadio em Portugal resulta da comparação entre os impactos que ocorrem no cenário de regadio e no contrafactual, tratando-se assim de externalidades líquidas.

3.1. Solo

O solo representa o suporte físico sobre o qual assenta a atividade agrícola, funcionando também como recetor de produtos químicos, nomeadamente fertilizantes. Relativamente à sua função de suporte, é aqui analisada a **ocupação de área** produtiva, na perspetiva de que a libertação global de área representa uma oportunidade para outras funções mais benéficas em termos ambientais.

A adição de fertilizantes tem como objetivo suprir as necessidades das culturas em termos de nutrientes. Caso não seja adicionada uma quantidade suficiente para o crescimento das culturas terá lugar uma depleção dos nutrientes do solo, contribuindo para a degradação do solo. De modo a compreender o impacto no sistema em análise é aqui efetuado um **balanço de nutrientes do solo**.

Uma vez que a introdução de produtos químicos no solo, associada à prática de rega, pode ainda contribuir para o aumento da concentração de sais no solo, é aqui analisada a **ocorrência de salinização**.

3.1.1. Ocupação de área

É analisada a quantidade de área ocupada considerando a produção das principais culturas em regadio (a), comparativamente ao contrafactual (b). É aqui assumido que a ocupação de uma maior área pressupõe um maior impacto ambiental uma vez que a libertação de área permite potencialmente um uso ambientalmente mais favorável. Os resultados obtidos constam da Tabela 7, de acordo com a qual:

- Se $(a-b) < 0$, é alocada uma maior área para o cenário contrafactual. O **cenário de regadio é favorável**.
- Se $(a-b) > 0$, é alocada uma maior área para o cenário do regadio. O **cenário contrafactual é favorável**.

A leitura da Tabela 7 permite afirmar que, de acordo com os pressupostos assumidos, a produção de uma tonelada de arroz em sistema de regadio nacional (ao invés da sua importação) permite a libertação de 0,01 ha globais. A produção nacional em regadio permite ainda uma poupança de área para as culturas de milho, laranja, brócolos e pastagens. Esta poupança encontra-se diretamente relacionada com a maior produtividade assumida para a produção em regadio nacional versus importação ou produção em sequeiro (para o caso das pastagens).

Para o caso do tomate, embora a produtividade nacional seja superior àquela associada à importação, o pressuposto da ocupação com milho no contrafactual, e correspondente diferença de produtividades, compensa o efeito de “poupança” de área. Para o olival, embora a produtividade em intensivo seja substancialmente superior à produtividade em tradicional, o facto de neste último ter lugar produção animal faz com que esta mesma produção tenha de ser considerada no cenário de intensivo. É assim mantida constante quer a produção de azeitona, quer a produção de carne, com maior uso de área para o cenário de regadio. Para o caso em que não é incluída a produção de gado no olival tradicional, tem lugar uma poupança de área, na ordem dos 0,9 ha/t azeitona.

Tabela 7. Ocupação de área

Cultura	Ocupação de área (ha/t) ^a		
	Regadio (a)	Contrafactual (b)	(a-b)
Arroz	0,15	0,17	-0,01
Milho	0,09	0,14	-0,05
Tomate	0,03	0,03	0,01
Brócolo	0,43	0,45	-0,02
Laranja	0,03	0,04	-0,01
Olival	1,12	1,02	0,10
Pastagens	1,00	4,86	-3,86

^aPara as pastagens, a análise é efetuada por hectare de pastagem em regadio.

A produção em regadio nacional permite uma poupança de área global para as culturas de arroz, milho, brócolo, laranja e pastagem. Assim, em termos globais trata-se de uma externalidade positiva que terá particular importância para os casos em que os países exportadores sejam dotados de áreas naturais relevantes (tais como Brasil).

3.1.2. Balanço de nutrientes do solo

Foi efetuado um balanço aos nutrientes (azoto e fósforo) do solo a fim de determinar se as práticas agrícolas contribuem para a remoção ou introdução dos mesmos. A metodologia seguida é apresentada no Anexo IV. O balanço inclui como entradas os fertilizantes azotados e fosfatados, a excreção animal, os resíduos das culturas que são incorporados no solo, a deposição natural de azoto atmosférico e o sequestro de azoto atmosférico por leguminosas e microrganismos do solo. Como saídas o balanço tem em conta a remoção pela cultura, lixiviação, nitrificação/desnitrificação e processos de volatilização do azoto introduzido no solo pela fertilização e excreção dos animais em pasto.

No que respeita à produção nacional em regadio, para a análise a esta categoria de impacto é necessário ter em atenção que, dada a sensibilidade da produtividade à adição de fertilizantes, não é de esperar que tenha lugar uma depleção de nutrientes do solo. Os dados nacionais de balanço de azoto no solo indicam uma deposição de cerca de 12 kg por hectare de SAU (INE, 2012). Dado o elevado custo associado aos fertilizantes, também não é de esperar, genericamente, uma adição excessiva. Relativamente à produção exterior, de notar a baixa percentagem de área fertilizada para países como o Brasil. Embora tal se traduza numa depleção atual de nutrientes, é esperada uma evolução dos sistemas agrícolas, tendencialmente para fatores de produção semelhantes aos nacionais.

A avaliação quantitativa do balanço de nutrientes ao solo agrícola para as várias culturas e cenários é apresentada na Tabela 8. Valores abaixo de zero, quer se trate do cenário de regadio, quer do contrafactual, indicam um impacto negativo para o solo, pois estão a ser removidos mais nutrientes do solo do que aqueles introduzidos. Valores positivos indicam que está a ser introduzida uma maior quantidade de nutrientes do que aquela que é removida, não estando assim a ocorrer o impacto negativo de depleção do solo.

Podem ter lugar as seguintes situações:

- Se $(a-b) > 0$ e $a > 0$ e $b > 0$, não é indicado um impacto negativo relativamente à depleção de nutrientes do solo. O cenário de regadio permite a incorporação de maior quantidade de nutriente do que o cenário contrafactual. O **cenário de regadio é favorável**.
- Se $(a-b) < 0$ e $a > 0$ e $b > 0$, não é indicado um impacto negativo relativamente à depleção de nutrientes do solo. O cenário contrafactual permite a incorporação de maior quantidade de nutriente do que o cenário de regadio. O **cenário contrafactual é favorável**.
- Se $(a-b) > 0$ e $a > 0$ e $b < 0$, está a ocorrer um impacto negativo de depleção dos nutrientes do solo no cenário contrafactual, mas não no de regadio. O **cenário de regadio é favorável**.
- Se $(a-b) > 0$ e $a < 0$ e $b < 0$, está a ocorrer uma depleção dos nutrientes do solo nos dois cenários, embora o impacto negativo seja superior no cenário contrafactual. O **cenário de regadio é favorável**.
- Se $(a-b) < 0$ e $a < 0$ e $b < 0$, está a ocorrer uma depleção dos nutrientes do solo nos dois cenários, embora o impacto negativo seja superior no cenário do regadio. O **cenário contrafactual é favorável**.
- Se $(a-b) < 0$ e $a < 0$ e $b > 0$, está a ocorrer uma depleção de nutrientes do solo no cenário do regadio, mas não no contrafactual. O **cenário contrafactual é favorável**.

Tabela 8. Balanço de nutrientes ao solo, por cultura

Cultura	Azoto do solo (kg N/ t ^a)			Fósforo do solo (kg P ₂ O ₅ / t ^b)		
	Regadio (a)	Contrafactual (b)	(a – b)	Regadio (a)	Contrafactual (b)	(a – b)
Arroz	12,9	9,2	3,7	2,2	1,2	0,9
Milho	7,0	-0,3	7,3	-4,6	-11,3	6,7
Tomate	-2,6	-0,6	-2,0	-2,1	-1,3	-0,8
Brócolo	-16,7	5,9	-22,6	-30,5	-19,9	-10,61
Laranja	1,6	-1,7	3,3	-2,0	-2,8	0,8
Olival	3,5	110,0	-106,5	1,1	15,4	-14,3
Pastagens	166,4	456,4	-290	23,0	-13,6	36,57

^akg N/ha para o caso das pastagens

^bkg P₂O₅/ha para o caso das pastagens

Os resultados do balanço ao azoto do solo indicam o cenário de regadio como favorável para as culturas de arroz, milho, e laranja. Para as culturas de milho e laranja os resultados para o cenário contrafactual indicam depleção do solo. De acordo com os dados utilizados no estudo (ver Tabela 37), este resultado encontra-se associado à baixa percentagem de área fertilizada nos países exportadores. Numa perspetiva a longo prazo é de esperar que a situação nos países exportadores se altere, aumentando a área fertilizada, com consequente diminuição de impacto.

Para o caso do tomate é indicada uma depleção do solo para os dois cenários, sendo o impacto mais negativo para o regadio. Os valores obtidos estão diretamente relacionados com a relação entre o nutriente retirado pela cultura de tomate e introduzido pelo fertilizante. A comparação entre o cenário de regadio e o contrafactual é dominado pela comparação direta entre a produção de tomate em Portugal e em Espanha. É esperado que esta seja sensivelmente equivalente e atenta às necessidades nutritivas das plantas. Na origem dos resultados poderá estar falta de qualidade nos dados e/ou a presença de nutriente na água utilizada para rega que será descontada na fertilização reportada.

A análise à cultura de brócolo indica uma depleção de azoto do solo para o cenário de regadio enquanto para o cenário contrafactual ocorre uma adição de azoto ao solo. Contudo, está aqui a ser considerada a produção de brócolo em rotação, incluindo a produção de tomate, a qual influencia grandemente os resultados. Se for considerado que a cultura de tomate é neutra em termos de balanço de azoto, o resultado final do balanço daria positivo para os dois cenários, sendo mais positivo para o contrafactual (já positivo na Tabela 8).

Para o olival, a Tabela 8 indica a não existência de depleção de nutrientes para os dois cenários. Dois fatores contribuem para a elevada diferença entre estes. O primeiro respeita a diferença entre produtividades. Havendo um fator de 10 para a produção de azeitona, por hectare, o mesmo fator não se verifica para a fertilização azotada. O segundo fator respeita a consideração de pastagens nas entrelinhas do olival tradicional, com respetiva fixação de azoto. Não sendo considerada a presença de pastagens nas entrelinhas a diferença entre cenário baixa consideravelmente (de -106,5 para -18,3 kg N/t).

Para o caso das pastagens, tanto as PPSBRL como as pastagens naturais permitem a adição de azoto no solo, devido às leguminosas presentes nas pastagens sequestrarem quantidade suficiente de azoto atmosférico para satisfazer as necessidades das pastagens digeridas pelo gado.

Para o balanço ao fósforo, de uma forma geral, os resultados da Tabela 8 indicam uma depleção do solo. Este resultado está a ser controlado por uma aparente menor adição de fósforo do que aquela que seria retirada pela cultura. Contudo, por falta de dados, não está a ser contabilizado o retorno de fósforo ao solo pelos resíduos. Desta forma, não é possível concluir acerca da efetiva depleção de fósforo. Ainda assim, dado que a proporção de resíduos é uma característica da cultura e não do local de produção, é possível inferir tendências dos resultados apresentados na Tabela 8. À semelhança do que foi verificado para o balanço ao azoto, o cenário de regadio é favorável para as culturas de arroz, milho e laranja. Para o tomate e brócolo, as questões levantadas para o balanço ao azoto estão aqui também a influenciar os resultados. Para o caso do olival não é, à partida, indicada depleção, sendo que para o cenário contrafactual é considerada uma mais elevada adição de fósforo (por tonelada de azeitona). Para as pastagens, o cenário de regadio é favorável, uma vez que a fertilização fosfatada permite assim introduzir o fósforo que é removido do solo pelas plantas ingeridas pelo gado.

Em conclusão, um conhecimento prático do sistema de regadio nacional indica que a introdução de fertilizantes deverá corresponder às necessidades das plantas, não sendo desejado um uso nem deficiente nem exagerado de fertilizante. Para a produção nos países exportadores, embora na atualidade as áreas fertilizadas possam ser baixas, é de esperar uma evolução no sentido do seu aumento.

Uma avaliação quantitativa às culturas em análise mostra que para o arroz, milho e laranja, o cenário de regadio apresenta-se favorável (externalidade positiva). Para a cultura de olival não é indicada a depleção de nutrientes, embora o cenário contrafactual origine uma maior introdução de nutrientes no solo. Para as pastagens ocorre uma introdução de azoto no solo para os dois cenários (mais elevada para o cenário contrafactual), sendo o regadio favorável em termos de fósforo.

3.1.3. Ocorrência de salinização

A salinização do solo é um processo que leva a um aumento excessivo de sais solúveis em água (Huber et al., 2008). A salinização do solo, juntamente com a alcalinidade e sodicidade, estão entre os processos mais relevantes e abrangentes de degradação do solo (Huber et al., 2008). Níveis elevados de sais no solo podem ainda estar na origem de inviabilização de cultivo (Jones et al., 2012). Existem na Europa cerca de 3,8 milhões de hectares afetados, sendo um dos principais impulsionadores uma inapropriada gestão de área agrícola regada. Embora os terrenos salinos ocorram naturalmente nos ecossistemas, de entre as áreas identificadas como afetadas por salinização induzida encontra-se Portugal (Jones et al., 2012).

A salinização do solo encontra-se associada à prática agrícola pela introdução de sais através de más práticas de irrigação e/ou fertilização. Os dados disponíveis não permitem a quantificação da ocorrência de salinização nem para território nacional, nem para os países exportadores. Assim, recorreu-se à bibliografia de modo a compreender uma tendência nacional de causalidade entre sistema agrícola (regadio ou sequeiro) e a salinização do solo.

Embora sejam, na generalidade, escassos os estudos acerca da salinização do solo associada a técnicas agrícolas, para Portugal foi elaborado um estudo válido para o perímetro de rega do Caia por Nunes et al (2005). Para a elaboração do referido estudo foram recolhidas, de forma georreferenciada, 14280 amostras de solo, correspondendo aos 12540 ha que constituem o Perímetro de Rega do Caia e áreas adjacentes, tendo-se analisado a condutividade elétrica, teores em cloro e sódio na solução do solo. A informação recolhida diz respeito a solos em sistema de sequeiro e regadio com três classes de antiguidade: <15 anos, entre 15 anos e 25 anos e > 25 anos). Presentemente encontra-se a decorrer um projeto de monitorização e validação da tendência evolutiva dos resultados obtidos.

As principais conclusões do estudo indicam que o regadio, à exceção do grupo dos Regossolos, é responsável por um aumento da salinidade do solo, sendo que o impacto aumenta com a antiguidade da prática de regadio. A mesma exceção é verificada para o aumento de cloro “extraível” do solo. Para todos os grupos de solo, os resultados por Nunes et al. (2005) indicam que o regadio conduz a um aumento da quantidade de sódio “extraível” presente no solo. De modo a minimizar o impacto que o regadio possa ter na salinização do solo, é de salientar um estudo elaborado para o Alentejo (Coelho e Reis, 2011) no qual a aplicação de um modelo determinístico (HYDRUS-1D) mostrou ser uma ferramenta útil na gestão da rega, capaz de prever os efeitos da qualidade da água de rega no solo

Relativamente à situação nos países exportadores, não se verificou possível a análise.

Contudo, a prática de regadio pode também contribuir para o recuo da cunha salina em zonas de estuário dos rios, tal como apontado para os casos do parque natural da albufeira *de Valencia*, do delta do *Ebro* e para o estuário do *Guadalquivir*, Espanha (Fortea, 2002; Fábregues, 2002; Cano, 2002). Nestes, é de salientar o papel que assume a cultura de arroz e consequente área inundada (que poderá ser mantida todo o ano) para a diminuição da concentração de sais no solo, e assim, representado uma externalidade positiva no que respeita à salinização do solo (Fortea, 2002; Fábregues, 2002; Cano, 2002). Para Portugal foi efetuado um estudo pela então Direcção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola (1980) que teve como objetivo a análise do efeito de drenagem subterrânea e aplicação de gesso no processo de dessalinização em campos experimentais na Lezíria de Vila Franca de Xira. Os resultados indicam que ocorreu um aumento da produção e diminuição da salinização do solo.

É possível concluir que a contribuição da prática agrícola de regadio para a salinização do solo pode ser positiva ou negativa (externalidade positiva ou negativa). Por um lado, as práticas continuadas de rega, associadas à adição de fertilizantes, podem contribuir para o aumento da quantidade de sais no solo. Por outro lado, os terrenos alagados, como o que sucede para a cultura de arroz, podem impedir o avanço da cunha salina. Por falta de informação não se verifica possível concluir qual a situação predominante em território nacional.

3.2. Água

A atividade agrícola, sobretudo de regadio, encontra-se naturalmente associada aos recursos hídricos, quer pela sua utilização como *input* para rega, quer como meio recetor de produtos provenientes da atividade agrícola, como nitratos e pesticidas (EEA, 2009; Moxey, 2012).

Relativamente à sua função como fator de produção, a agricultura assume na Europa a responsabilidade pelo uso de 24% do total de água utilizada, sendo que este valor pode chegar aos 80% para países do Sul da Europa. Para Portugal, em 2000 o sector agrícola era responsável por 87% da procura de água, tendo o valor sido reduzido para 81% em 2009 (APA, 2012a). De modo a quantificar, neste caso de estudo, a **utilização do recurso** para rega é aqui efetuada uma análise em termos de pegada hídrica, sendo também analisada a disponibilidade nacional de recursos hídricos.

Com respeito à função de recetor, EEA (2009) indica que a agricultura de regadio está associada a técnicas de produção mais intensivas e potencialmente a usos mais elevados de fertilizantes e pesticidas (em comparação com técnicas de agricultura de sequeiro). Assim, de modo a analisar a existência ou não de tal, é aqui analisada a **lixiviação potencial** associada às características culturais e também o estado efetivo do recurso em termos de poluição de possível origem agrícola.

Os efeitos práticos de uma poluição potencial dependem grandemente das características dos recursos hídricos. Como modo de avaliar o impacto efetivo em termos de poluição é efetuada uma avaliação da **qualidade dos recursos hídricos** superficiais e subterrâneos. Esta avaliação permite ainda inferir acerca de qualidade de água utilizada para rega.

3.2.1. Utilização do recurso

A quantificação de recursos hídricos requer o conhecimento da água utilizada no sistema de regadio em Portugal, mas também aquela correspondente às culturas resultantes da definição do cenário contrafactual. Embora haja conhecimento do volume utilizado para rega em território nacional, o mesmo não acontece relativamente ao cenário contrafactual quando este inclui importação. Não há também conhecimento dos volumes de água usados ao longo do sistema produtivo e não contabilizados na rega. Contudo, a bibliografia existente permite acesso a valores de pegada hídrica por cultura e país. Assim, para as culturas de arroz, milho, tomate, laranja e brócolo é possível conjugar os valores conhecidos de regadio nacional com os valores de pegada hídrica. De acordo com Hoekstra et al. (2011) a pegada hídrica é composta por três componentes, nomeadamente utilização de água de precipitação, de rega e aquela necessária para diluição de poluição. Para efeitos de quantificação são considerados os valores de Mekonnen

& Hoekstra (2010) referentes ao uso de água de precipitação e de rega⁴. A soma destes respeita à quantidade de água incorporada pela planta e evapotranspiração potencial. De notar que os valores de pegada hídrica pretendem representar um sistema médio de produção cultural por país. Tal implica que, para o caso da produção nacional, não está a refletir um sistema produtivo em regadio.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 9. É assumido que associada a uma maior utilização de água encontra-se um maior impacto ambiental (associado à depleção do recurso). Assim,

- Se $(a-b) > 0$, então, está a ser utilizada uma maior quantidade de recurso no cenário de regadio. O **cenário contrafactual é favorável** no que respeita ao impacto ambiental associado à utilização de água.
- Se $(a-b) < 0$, então está a ser utilizada uma maior quantidade de recurso no cenário contrafactual. O **cenário do regadio é favorável** no que respeita ao impacto ambiental associado à utilização de água.

Tabela 9. Pegada hídrica⁵ por sistema cultural

Cultura	Utilização de água (m ³ /t)		
	Regadio (a)	Contrafactual (b)	(a-b)
Arroz	1420,0	1662,9	-242,9
Milho	1373,0	1006,9	366,1
Tomate	185,0	235,7	-50,7
Brócolo	3326,7	3859,3	-532,6
Laranja	644,0	379,0	265,0

Fonte: Mekonnen & Hoekstra (2010)

De acordo com os resultados da Tabela 9, o regadio apresenta-se desfavorável em termos de utilização de água para as culturas de milho e laranja. Para o arroz, o tomate, o brócolo e a laranja, o regadio apresenta-se favorável. Os valores obtidos são estimados pelos autores recorrendo a instrumentos como simulação numérica, mapas de solos e climáticos. Deste modo, o seu uso terá necessariamente associada incerteza. Para um melhor conhecimento do sistema foram analisados os dados de necessidades hídricas das culturas fornecidos pela DGADR (www.dgadr.pt/rec-hid/nec-hidricas-culturas, consultado em Fevereiro de 2013). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Utilização de água por sistema cultural

Cultura	Utilização de água (m ³ /t)		
	Regadio ^a (a)	Contrafactual ^b (b)	(a-b)
Arroz	2538,5	1662,9	875,6
Milho	735,7	1006,9	-271,2
Tomate	100,0	235,7	-135,7
Brócolo	s.i.	3859,3	n.a.
Laranja	360,0	379,0	-19,0

Fontes: ^a www.dgadr.pt; ^b Mekonnen & Hoekstra (2010)
s.i.- sem informação; n.a.- não apurado

⁴ Não foi considerada a água de diluição de poluição devido a falta de qualidade de dados.

⁵ Excluindo a água cinzenta.

De acordo com esta, o regadio apresenta-se desfavorável apenas para a cultura de arroz.

Da análise conjunta da Tabela 9 e Tabela 10 é possível concluir uma grande incerteza no que respeita ao impacto de utilização de água para as culturas de arroz, milho, tomate, brócolo e laranja.

Para o olival e pastagens, devido às especificidades particulares dos sistemas, não é possível aceder a valores de pegada hídrica, sendo no entanto conhecida a dotação de rega, $2500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ para o olival intensivo e $7000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ para as pastagens semeadas biodiversas. É considerado que não ocorre rega nem para o olival tradicional nem pastagens naturais.

Em uma análise à escala nacional, e de acordo com o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água, relativamente ao consumo de água, é de salientar a redução significativa do sector agrícola. Esta redução deveu-se não só à redução da área regada no primeiro decénio do século, como também ao aumento da eficiência do uso da água. Para a eficiência contribuíram a diminuição de perdas associadas ao sistema de armazenamento, transporte e distribuição e a melhoria da gestão de aplicação da água de rega nas parcelas (APA, 2012a).

Tendo em vista a possível escassez nacional de recursos hídricos, é aqui analisada a informação constante dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica. A síntese dos resultados encontra-se na Tabela 11. Existem questões de escassez de água associadas a períodos secos, sendo que para um ano médio, e no geral, o consumo de recurso é substancialmente inferior à sua disponibilidade. A Figura 6⁶ apresenta uma discriminação espacial dos resultados obtidos em termos de percentil abaixo do qual a razão entre a disponibilidade e a necessidade hídrica é inferior a 1. As zonas a norte do Tejo apresentam valores inferiores a 5%, o que significa que apenas em anos extremamente secos (com períodos de retorno superiores a 20 anos) é que podem vir a ocorrer situações de escassez de água. A sul do Tejo a situação é bastante diferente, com vastas áreas indicando situações de escassez de água para percentis entre os 10 e os 20%, o que corresponde a períodos de retorno da ordem dos 5 a 10 anos (INAG, 2002).

Relativamente à possível escassez nos países exportadores, não se verificou possível averiguar a situação.

⁶ Não considera a variação sazonal das disponibilidades nem a capacidade de regularização interanual proporcionada por algumas albufeiras.

Tabela 11. Balanço hídrico por região hidrográfica

Região	Região hidrográfica	Bacias hidrográficas	Balanço hídrico (Disponibilidade – Necessidade)
Norte	RH1	Minho/Lima	Positivo. São necessárias cerca de 0,63% das disponibilidades totais estimadas em ano médio. Para ano seco, as necessidades hídricas ascendem a 0,98%.
	RH2	Cávado/Ave/Leça	Positivo. Em ano médio as necessidades são, em geral, inferiores a 10 % das disponibilidades. Excetua-se a sub-bacia Costeiras entre o Neiva e o Douro onde, em ano médio, este valor é cerca de 17%.
	RH3	Douro	Positivo. Em ano médio as necessidades estimadas são inferiores a 8% das respetivas disponibilidades.
Centro	RH4	Vouga/ Mondego/Lis	Positivo. Em ano médio as necessidades estimadas são cerca de 7,5% das disponibilidades. Para ano húmido 5% e para ano seco 13,9%.
		Ribeiras do Oeste	Positivo. Em ano médio as necessidades são inferiores a 4% das disponibilidades, com exceção da bacia Ribeira de São Domingos em que este valor sobe para 22%.
Tejo	RH5	Tejo	Positivo. Em ano médio, as necessidades são inferiores a 13% das disponibilidades, com exceção da sub-bacia Ribeira de Magos e Rio Almonda em que este valor sobe para 23% e 20%, respetivamente.
Alentejo	RH6	Sado/Mira	Positivo. Em ano médio as necessidades variam entre 31% e 29% das disponibilidades.
	RH7	Guadiana	Positivo. Em ano médio as necessidades variam entre 26% a 65% das disponibilidades efetivas de água.
Algarve	RH8	Ribeiras do Algarve	Positivo. Em ano médio, as necessidades correspondem a cerca de 15,6% das disponibilidades.

Fonte: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834> (consultado em Fevereiro de 2013)

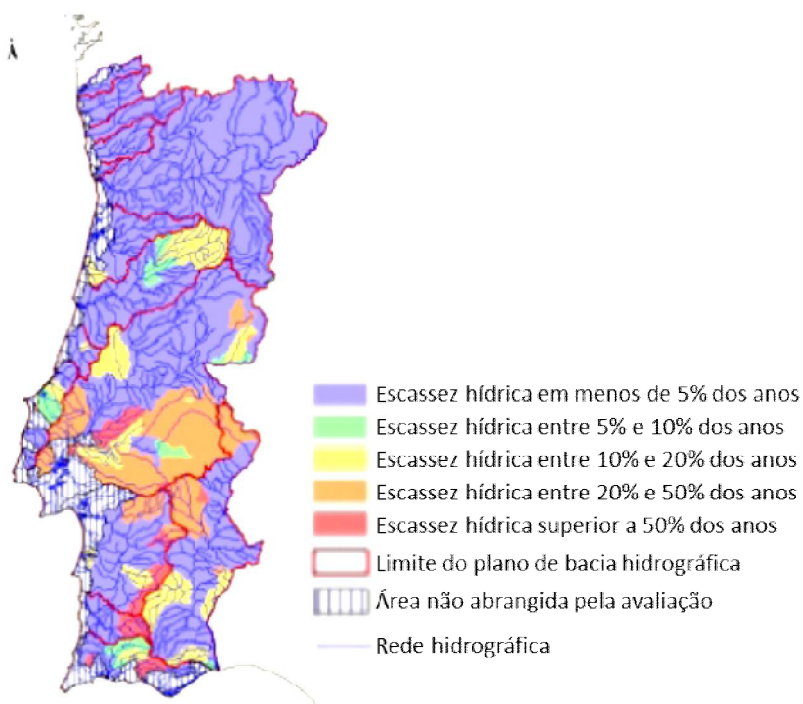


Figura 6. Situação de escassez hídrica para as águas de superfície

Fonte: INAG, 2002

Como exemplo positivo, é de salientar o papel da agricultura de regadio na reutilização dos efluentes tratados urbanos e industriais, minorando a rejeição destes efluentes no meio hídrico natural. De salientar a existência de um estudo pela FENAREG, aplicado ao caso do Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Sorraia, com o objetivo de

avaliar o potencial de reutilização de efluentes tratados provenientes de estações de tratamento de águas residuais urbanas e estações de tratamento de água residuais industriais, valorizando-os através da sua incorporação nos caudais dos canais de rega do aproveitamento. Deste modo pretendia-se a utilização pela agricultura deste potencial alternativo de origem de água (importante para minorar situações de escassez), a redução do caudal de efluentes tratados urbanos e industriais descarregados em meio hídrico natural e, ao mesmo tempo, o aproveitamento do valor fertilizante das águas residuais tratadas. Os resultados obtidos indicam que, embora a reutilização dos efluentes tratados deva ser analisada caso a caso, durante o período de estudo, a água distribuída ao longo da Obra de Rega apresentou qualidade compatível com a prática de regadio. Assim, os efluentes tratados urbanos e industriais são reaproveitados pela agricultura de regadio, para a qual os nutrientes presentes nos efluentes podem contribuir para o crescimento vegetal e ao mesmo tempo, minorar a rejeição destes efluentes para o meio hídrico natural.

Em termos de quantificação de uso de água, não se verificou possível uma conclusão para os cenários definidos. Uma apreciação nacional indica que, embora o setor agrícola seja o principal responsável pelo uso de água, têm sido feitos esforços significativos no sentido de aumentar a eficiência de utilização do recurso. Em termos de quantidade de água disponível, os Planos de Gestão de Região Hidrográfica indicam que, para um ano médio, o balanço hídrico é positivo. Contudo, para anos secos, problemas associados à escassez de água têm de ser levados em conta.

3.2.2. Lixiviação potencial

A quantificação, cultura a cultura, da lixiviação potencial permite o conhecimento da possível carga poluente introduzida nos recursos hídricos nacionais. A contribuição para a lixiviação potencial é estimada como parte do balanço de nutrientes ao solo descrita no Anexo IV. É assumido que um maior impacto ambiental encontra-se associado a um mais elevado valor de lixiviação potencial. De salientar que, dado o carácter temporário do azoto no solo, não sendo esperada a sua permanência no solo, a melhor estimativa de lixiviação potencial corresponde ao balanço de nutriente acima descrito, mantendo-se válidas as conclusões (ver Tabela 8). Deste modo, a um balanço positivo corresponde adição de azoto ao solo e conseqüente lixiviação potencial.

Os resultados da avaliação da lixiviação potencial para o fósforo e para as várias culturas e cenários para o azoto e fósforo são apresentados na Tabela 12. De acordo com esta:

- Se $(a-b) > 0$, então, a lixiviação potencial é superior para a produção em regadio nacional. O **cenário contrafactual** apresenta-se **favorável**.
- Se $(a-b) < 0$, então a lixiviação potencial é superior para o cenário contrafactual. O **cenário de regadio** apresenta-se **favorável**.

Tabela 12. Lixiviação potencial por cultura

Cultura	Lixiviação potencial de fósforo (kg P ₂ O ₅ / t ^a)		
	Regadio	Contrafactual	(a - b)
	(a)	(b)	
Arroz	0,09	0,08	0,01
Milho	0,10	0,03	0,07
Tomate	0,02	0,03	-0,01
Brócolo	0,30	0,39	-0,09
Laranja	0,01	0,00	0,01
Olival	0,03	0,32	-0,29
Pastagens	0,00	0,56	-0,56

^akg P₂O₅/ha para o caso das pastagens.

Todas as culturas, desde que façam utilização de fertilizações ou adição de estrume, contribuem para a lixiviação potencial de fósforo. O fator chave aqui é a quantidade de fertilizante ou estrume introduzido no solo, e consequente quantidade que potencialmente pode ser lixiviada.

De acordo com a Tabela 12, o cenário de regadio possui sensivelmente o mesmo impacto do que o contrafactual para as culturas de arroz, tomate e laranja. Para a cultura de milho, o cenário de regadio é desfavorável devido à maior fertilização fosfatada. Para as culturas de brócolo, olival e pastagens o cenário de regadio é favorável. Para o caso do brócolo, está a contribuir a fertilização nacional que é superior àquela que ocorre nos países exportadores. Para o olival, de salientar a diferença de um fator 10 para a produtividade que não tem lugar para a fertilização. Deste modo, o olival intensivo apresenta uma maior eficiência no uso de fertilizante fosfatado, sendo assim favorável.

Para a situação das pastagens, nomeadamente para as PPSBRL, a lixiviação é praticamente nula devido à existência de cobertura do solo o ano inteiro, maior teor de matéria orgânica do solo e o fato de, geralmente, estas serem implementadas em zonas de topografia pouco acidentada. As pastagens de regadio apresentam-se assim favoráveis, em comparação com a alternativa em sequeiro.

Para a lixiviação potencial de azoto a melhor estimativa corresponde ao balanço de nutriente (já anteriormente apresentado).

Para a lixiviação potencial de fósforo, na generalidade (exceto para a cultura de milho) o regadio nacional ou é favorável (externalidade positiva) ou equivalente ao cenário contrafactual.

3.2.3. Qualidade dos recursos hídricos

Embora o estudo esteja desenhado para a avaliação do impacto ambiental com base na comparação entre o cenário de regadio e o contrafactual, nesta secção tal não se verificou possível. Não se verificou aqui possível adquirir conhecimento acerca do contributo nacional da agricultura de regadio versus de sequeiro, nem qual será a situação para o conjunto dos países exportadores. Assim, para território nacional é analisada, tanto quanto possível, a evolução da qualidade do recurso de acordo com a base de dados do Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos (<http://snirh.pt/>) e com informação dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica (<http://www.apambiente.pt>).

Recursos hídricos superficiais

A avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais inicia-se com o conhecimento do panorama geral disponibilizado no SNIRH e sintetizado na Tabela 14 e Figura 7. O sistema de classificação é apresentado na Tabela 13. Entre 1995 e 2011 teve lugar um aumento significativo de estações com classificação A e B, acompanhada de uma diminuição do número de estações com classificação C, D e E (ver Tabela 14). É assim possível verificar uma melhoria generalizada da qualidade de água superficial. A Figura 7 permite um conhecimento global da evolução espacial da classificação.

Tabela 13. Definição das classes de qualidade do SNIRH

Classe de qualidade	Definição
A Excelente	Águas com qualidade equivalente às condições naturais, aptas a satisfazer potencialmente as utilizações mais exigentes em termos de qualidade
B Boa	Águas com qualidade ligeiramente inferior à classe A, mas podendo também satisfazer potencialmente todas as utilizações
C Razoável	Águas com qualidade aceitável, suficiente para irrigação, para usos industriais e produção de água potável após tratamento rigoroso.
D Má	Água com qualidade medíocre, apenas potencialmente aptas para irrigação, arrefecimento e navegação.
E Muito Má	Águas extremamente poluídas e inadequadas para a maioria dos usos

Fonte: <http://snirh.pt/> (consultado em Dezembro de 2012)

Tabela 14. Evolução temporal da qualidade de água superficial

	2011 (%)	2009 (%)	2007 (%)	2005 (%)	2003 (%)	2001 (%)	1999 (%)	1997 (%)	1995 (%)
A Excelente	14,1	15,2	0	0	0	0	0	0	0
B Boa	38	23,9	23,5	12,6	16,5	17,5	24,3	12,6	15,5
C Razoável	25	39,1	38,8	30,1	39,8	37,9	24,3	39,8	30,1
D Má	12	10,9	19,4	18,4	23,3	17,5	28,2	21,4	17,5
E Muito Má	5,4	8,7	15,3	28,8	14,6	20,4	21,4	22,3	20,4
Sem classificação	5,4	2,2	3,1	10,7	5,8	6,8	1,9	3,9	16,5
Total estações	92	92	98	103	103	103	103	103	103

Fonte: <http://snirh.pt/> (consultado em Dezembro de 2012)

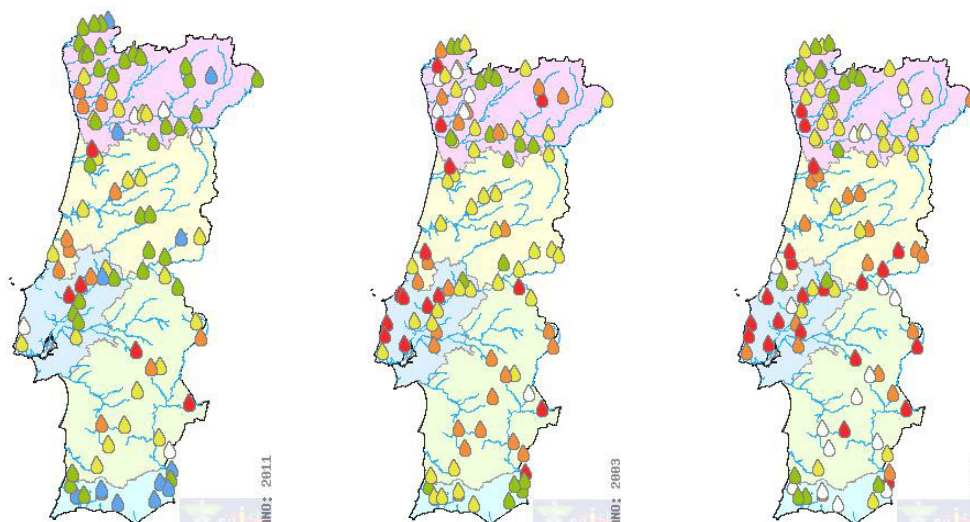


Figura 7. Representação espacial do estado dos recursos hídricos superficiais, para 2011, 2003 e 1995
 Fonte: <http://snirh.pt/> (consultado em Janeiro de 2013)

De modo a obter um conhecimento regional mais detalhado do estado do recurso analisam-se os Planos de Gestão de Região Hidrográfica, instrumentos privilegiados da Diretiva-Quadro Água (DQA), cuja síntese da informação recolhida consta na Fonte: Planos de Gestão de Região Hidrográfica, disponíveis em <http://www.apambiente.pt/> (consultado em Abril de 2013)

Tabela 15. A avaliação da qualidade é efetuada de acordo com os parâmetros da Figura 8.



Figura 8. Representação esquemática da classificação do estado das massas de água superficiais
 Fonte: Planos de Gestão de Região Hidrográfica, disponíveis em <http://www.apambiente.pt/> (consultado em Abril de 2013)

Tabela 15. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais

Região	Região hidrográfica	Bacias hidrográficas	Qualidade dos recursos hídricos superficiais
Norte	RH1	Minho/Lima	As massas de água da categoria “Rios” apresentam, de um modo geral, “Bom” estado. Relativamente às três massas de água fortemente modificadas “Rios”, uma apresenta estado “Bom” e as restantes estado inferior a “Bom”. Para as massas de água “Albufeiras”, apenas a de Touvedo apresenta estado inferior a “Bom”, enquanto as albufeiras do Alto Lindoso e de Salas apresentam “Bom” estado. As classificações inferiores a “Bom” são maioritariamente devidas a invertebrados bentónicos, CBO ₅ , fósforo e azoto amoniacal.
	RH2	Cávado / Ave/ Leça	As massas de água evidenciam alguns problemas de qualidade, sendo que as pressões maioritariamente responsáveis pelo estado inferior a “Bom” estão associadas a origens urbanas e industriais nas regiões do litoral e dos grandes centros urbanos. Verifica-se também o efeito cumulativo de alterações hidromorfológicas e prática agrícola nas regiões do interior.
	RH3	Douro	As massas de água “Rios” apresentam, de um modo geral, “Bom” estado. Para as massas de água fortemente modificadas “Rios”, 50% apresentam “Bom” estado. As “Albufeiras” apresentam problemas de qualidade significativos. A análise das pressões significativas permite concluir que as pressões maioritariamente responsáveis pelo estado inferior a “Bom” são de origem urbana, pecuária e industrial nas regiões do litoral e grandes centros urbanos e de origem agrícola no interior.
Centro	RH4	Vouga / Mondego/ Lis	Cerca de 73% das massas de água superficial apresentam uma classificação igual ou superior a “Bom”. Os agentes responsáveis pelas classificações inferiores são os invertebrados bentónicos, o CBO ₅ , fitobentos, fitoplâncton, Nonilfenol e Tetracloroetileno.
		Ribeiras do Oeste	Cerca de 11% das massas de água apresentam estado bom ou superior. As bacias localizadas na região Norte apresentam melhores resultados, no que diz respeito às massas de água superficiais interiores. Efetivamente, observa-se uma degradação progressiva das massas de água no sentido Sul.
Tejo	RH5	Tejo	As massas de água com melhor classificação (excelente) e onde a percentagem de massas de água classificadas com bom estado é superior correspondem às sub-bacias localizadas na região Norte da margem direita do rio Tejo. Em alguns locais, sendo exemplo as sub-bacias Rio Sorraia, Rio Maior e Estuário, verificam-se sinais de contaminação de nitratos e fósforo, associadas ao sector urbano, agropecuário e agrícola. Verificam-se ainda problemas de contaminação orgânica e de contaminação microbiológica, essencialmente devido a contaminação fecal e agrícola.
Alentejo	RH6	Sado/Mira	Mais de 50% das massas de água superficiais possuem estado inferior a bom. Os elementos de qualidade biológica (invertebrados e diatomáceas) e/ou alguns dos elementos de qualidade físico-química (fósforo total, CBO ₅ , taxa de saturação em oxigénio) estão na base da classificação inferior a bom. As pressões que foi possível identificar e que justificam o estado têm origem tanto pontual como difusa, verificando-se ainda situações de modificações físicas nas margens.
	RH7	Guadiana	Mais de 50% das massas de água superficiais possuem estado inferior a bom. Contudo, apenas a Ribeira de Odearece e Ribeira de Oeiras possuem estado mau. Nestas massas de água foi possível identificar pressões com origem pontual e difusa, verificando-se ainda situações de modificação física das margens e de captações significativas de água. Um dos elementos chave na problemática da qualidade da água prende-se com cargas de fósforo total provenientes da agricultura.
Algarve	RH8	Ribeiras do Algarve	Para os rios, a esmagadora maioria apresenta uma classificação “Bom” ou “Razoável”. Os parâmetros identificados como responsáveis pelo estado inferior a bom são os invertebrados bentónicos, fitobentos, fósforo total, azoto amoniacal, CBO ₅ , oxigénio dissolvido e taxa de saturação em oxigénio. Ocorrem pressões pontuais e difusas, associadas à agricultura, suinicultura, golfe, rejeições de águas residuais domésticas e rejeições industriais. Para as albufeiras analisadas, a classificação, para todas, foi de “Bom ou Superior”.

Fonte: Planos de Gestão de Região Hidrográfica, disponíveis em <http://www.apambiente.pt/> (consultado em Janeiro de 2013)

Da análise resulta o reconhecimento de problemas pontuais de qualidade do recurso, não sendo no entanto um problema generalizado e significativo ao nível das bacias hidrográficas. A agricultura é apontada como uma das fontes de poluição, não sendo possível uma identificação ou quantificação da sua contribuição.

É ainda de referir uma avaliação efetuada para o Baixo Mondego por Santos & Pardal (2012). De acordo com esta, foi analisada a água superficial à entrada do canal condutor geral do baixo Mondego, a montante da prática de regadio, e em três zonas de regadio, nomeadamente Arunca, Foja e Pranto. Do plano de monitorização constam dados entre 2000 e 2011. Os resultados obtidos para os parâmetros azoto e fósforo revelam uma tendência de diminuição da sua concentração, quando comparados os valores à entrada e saída da área de regadio. Neste caso, é então indicado o papel do regadio na diminuição da concentração de azoto e fósforo.

Recursos hídricos subterrâneos

À semelhança do efetuado para os recursos superficiais, a análise aos subterrâneos é iniciada com um panorama geral por unidade hidrogeológica (dados fornecidos pelo SNIRH). Para estes, a classificação da qualidade de todas as águas subterrâneas é efetuada de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto (ver Tabela 16). Os resultados das análises de qualidade para a classificação > A3, são apresentados na Tabela 17.

Tabela 16. Classificação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos

Classificação	Descrição
A1	Tratamento físico e desinfeção.
A2	Tratamento físico e químico e desinfeção
A3	Tratamento físico, químico de afinação e desinfeção
>A3	Tratamento mais avançado.

Fonte: <http://snirh.pt/> (consultado em Dezembro de 2012)

Tabela 17. Análise sumária da classificação de qualidade dos recursos hídricos subterrâneos

Unidade hidrogeológica	Avaliação global	Principais parâmetros
Maciço Antigo	Para 2 sistemas de aquíferos não se regista classificação >A3. Para os restantes essa percentagem varia ente 33,3 e 100%, sendo na generalidade a média superior a 50%.	Nitratos, Fluoretos
Orla Ocidental	Para 10 sistemas de aquíferos não é verificada a existência de classificação >A3. Para os restantes esta varia entre 16,7 e 100%.	Nitratos e Fluoretos
Bacia do Tejo-Sado	Todos os sistemas analisados possuem classificação >A3, sendo que a percentagem varia entre 36,7 e 100%, sendo na generalidade superior a 50%	Fluoretos e Nitratos
Orla Meridional	Para 2 sistemas de aquíferos não se regista classificação >A3. Para os restantes essa percentagem varia ente 25 e 100%, sendo na generalidade a média superior a 50%.	Condutividade e nitratos

Informação referente ao ano de 2011.

Fonte: <http://snirh.pt/> (consultado em Dezembro de 2012)

De acordo com a Tabela 17, de facto, existe uma contaminação dos recursos hídricos subterrâneos com nitratos. Contudo, não é possível afirmar que se trate de uma externalidade negativa proveniente da prática agrícola, em particular de regadio. A informação que consta dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica permite uma informação espacialmente mais discriminada (ver Tabela 18 e Figura 9). De acordo com a Tabela 18, existem efetivamente

problemas de qualidade química dos recursos subterrâneos, sem ser possível uma correspondência com a atividade agrícola.

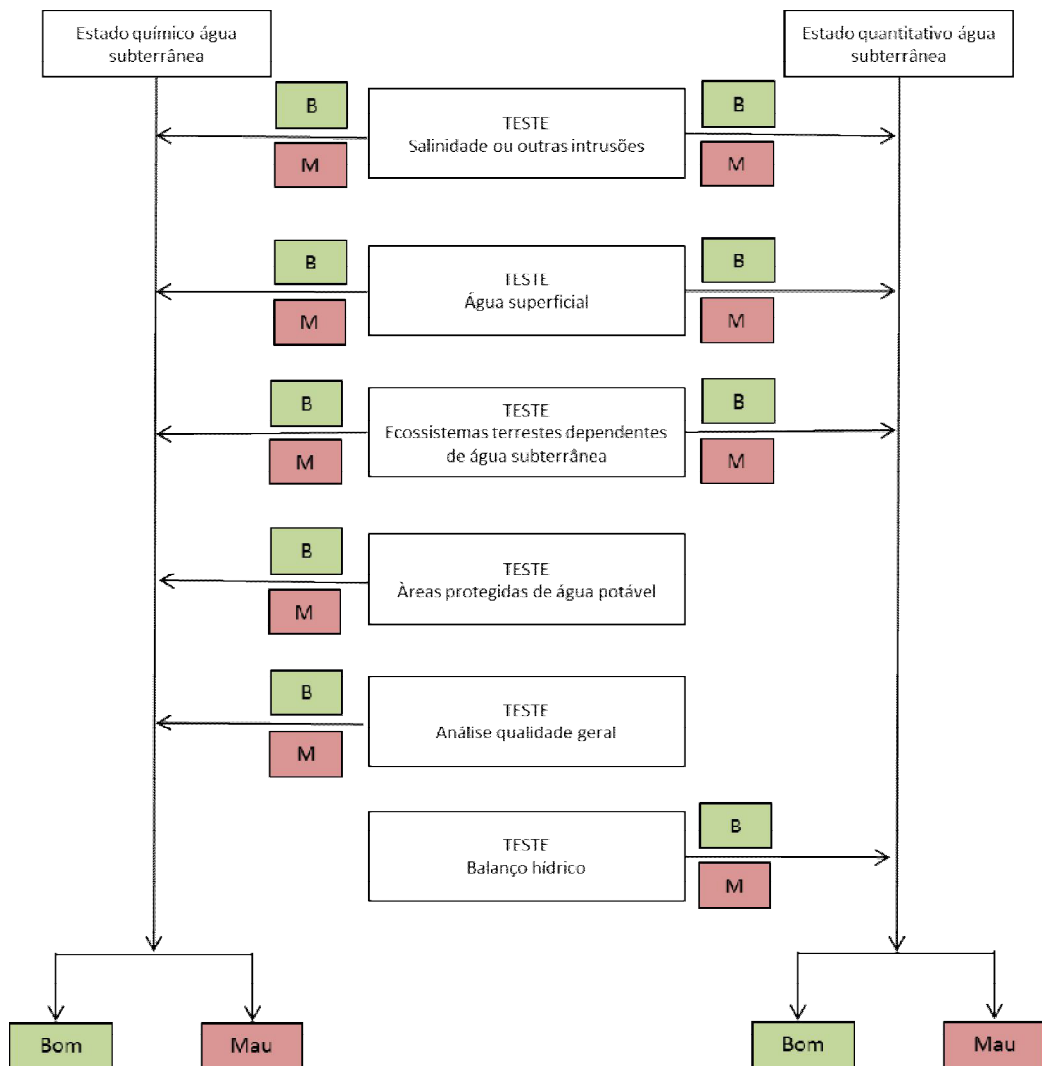


Figura 9. Representação esquemática da classificação do estado das massas de água subterrâneas
 Fonte: European Commission, 2009

Tabela 18. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos

Região	Região hidrográfica	Bacias hidrográficas	Qualidade dos recursos hídricos superficiais
Norte	RH1	Minho/Lima	O estado químico das massas de água subterrâneas Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Minho e Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Lima é bom.
	RH2	Cávado / Ave/ Leça	As massas de água subterrâneas Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Cávado e Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Ave encontram-se em bom estado químico. Aquelas do Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Baixo Cávado/Ave e Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Leça encontram-se em estado inferior.
	RH3	Douro	As massas de água subterrâneas Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Douro, Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Douro e Veiga de Chaves encontram-se em bom estado químico.
Centro	RH4	Vouga / Mondego/ Lis	Para 17 das 20 massas de água analisadas (Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Vouga, Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Mondego, Luso, Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Mondego, Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Lis, Cárstico da Bairrada, Anã – Cantanhede, Verride, Tentúgal, Figueira da Foz – Gesteira, Leirosa – Monte Real, Vieira de Leiria – Marinha Grande, Louriçal, Viso – Queridas, Condeixa – Alfarelos, Cretácico de Aveiro e Pousos-Caranguejeira) o estado químico é classificado como bom.
		Ribeiras do Oeste	Para as massas de água subterrâneas Orla Ocidental Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Oeste, Maceira, Maciço Calcário Estremenho e Cesareda o estado químico é bom. Para as massas Alpedriz, Paço, Torres Vedras e Caldas da Rainha-Nazaré, o estado químico é medíocre.
Tejo	RH5	Tejo	Para as massas de água subterrâneas Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Tejo, Escusa, Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Tejo, Ourém, Ota-Alenquer, Bacia do Tejo-Sado Indiferenciado da Bacia do Tejo, Bacia do Tejo-Sado/Margem Direita e Bacia do Tejo-Sado/Margem Esquerda o estado químico é bom. Para as massas de Monforte-Alter do Chão, Estremoz-Cano, Pisões-Atrozela e Aluviões do Tejo o estado químico é classificado de medíocre.
Alentejo	RH6	Sado/Mira	Apenas a massa de água subterrânea Snes/ Zona Sul foi classificada como medíocre. Para as restantes (Bacia de Alvalade, Snes /Zona Norte, Viana do Alentejo-Alvito, Maciço Indiferenciado da Bacia do Sado, Orla Ocidental Indiferenciado da Bacia do Sado, Bacia do Tejo-Sado Indiferenciado da Bacia do Sado, Zona Sul Portuguesa da Bacia do Mira e Zona Sul Portuguesa da Bacia do Sado) o estado químico é bom.
	RH7	Guadiana	Para as massas de água subterrâneas Gabros de Beja, Elvas-Vila Boim e Elvas-Campo Maior o estado químico é classificado como medíocre. Para as restantes (Moura-Ficalho, Monte Gordo, Maciço Indiferenciado da Bacia do Guadiana, Orla Meridional Indiferenciada da Bacia do Guadiana, Zona Sul Portuguesa – Transição Atlântico, Zona Sul Portuguesa – Bacia do Guadiana) o estado químico é bom.
Algarve	RH8	Ribeiras do Algarve	As massas de água subterrâneas Campina de Faro, Chão de Cevada-Quinta João de Ourém, Luz-Tavira, S João da Venda-Quelfes apresentam estado químico medíocre. Para as restantes (Albufeira-Ribeira de Quarteira, Almádena-Odeáxere, Almansil-Medronhal, Malhão, Mexilhoeira Grande-Portimão, Peral-Moncarapacho, Quarteira, Querença-Silves, São Bartolomeu, São Brás de Alportel, São João da Venda-Quelfes, Maciço Antigo Indiferenciado das bacias das Ribeiras do Algarve, Orla Meridional Indiferenciado da Bacia do Arade, Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Barlavento, Orla Meridional Indiferenciado das Bacias das Ribeiras do Sotavento, Zona Sul Portuguesa da Bacia do Arade, Zona Sul Portuguesa das Bacias das Ribeiras do Barlavento, Zona Sul Portuguesa das Bacias das Ribeiras do Sotavento) o estado químico é bom.

Fonte: Planos de Gestão de Região Hidrográfica, disponíveis em <http://www.apambiente.pt/> (consultado em Abril de 2013)

A análise conjunta, incluindo os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, permite uma melhor compreensão do que se está a passar no sistema. Para os recursos hídricos superficiais, o ênfase dado a outros poluentes que não nitratos ou fosfatos, nomeadamente a presença de coliformes e carência química, indica uma possível contribuição significativa de atividades pecuárias e/ou urbanas para a poluição dos recursos hídricos.

A análise efetuada permite-nos afirmar que existem problemas pontuais de qualidade dos recursos hídricos, não sendo, no entanto, uma questão generalizada. Para esta poluição contribuem vários setores, não sendo possível quantificar o impacto agrícola e consequentes externalidades.

3.3. Atmosfera

A atividade agrícola interage com a atmosfera, sendo aqui analisadas duas vertentes dessa interação. Uma das vertentes diz respeito ao **impacto no clima regional**, associado à presença de grandes massas de água como albufeiras. A presença destas introduz alterações importantes na superfície, potencialmente suscetíveis de influenciar a estrutura da camada limite atmosférica e a circulação à escala regional, nomeadamente (Miranda *et al.*, 1995):

- Alteração dos fluxos de vapor de água e entalpia entre a atmosfera e a superfície, tanto para as zonas alagadas como irrigadas;
- Alteração da capacidade térmica da superfície, especialmente nas zonas alagadas, e do seu albedo;
- Alteração da ocupação do solo, com possível influência nos fluxos de momento entre a superfície e a atmosfera;
- Alteração da orografia associada ao enchimento das zonas alagadas.

A outra vertente respeita à emissão de gases com efeito de estufa. Como já discutido anteriormente, a atividade agrícola inclui o uso de solo, de *inputs* como fertilizantes e pesticidas, de maquinaria e o transporte de produtos. Associado a cada um destes itens encontra-se uma emissão de gases de efeito de estufa. Por exemplo, para o caso dos fertilizantes, ocorrem emissões na sua produção, transporte e utilização. Esta análise possui um carácter global. Por um lado, as emissões não estão confinadas à unidade agrícola (por exemplo, aquelas que ocorrem aquando da produção dos fertilizantes). Por outro lado, o carácter dispersivo das emissões faz com que se tratem necessariamente de uma questão global, aqui designada de **impacto no clima global**.

3.3.1. Impacto no clima regional

A análise ao impacto da agricultura de regadio no microclima é aqui efetuada tendo por base o empreendimento do Alqueva. De acordo com Miranda *et al.* (1995) este empreendimento, dada a natureza das alterações introduzidas e a sua extensão horizontal, implicará alterações microclimáticas. A sua zona de implantação é reconhecidamente sensível em termos climáticos, caracterizada por uma grande variabilidade natural da água disponível e integrada numa região ameaçada por um processo de desertificação. Os autores consideram ainda ser um dos poucos empreendimentos capaz de ter efeito à escala regional, em termos climáticos.

Miranda et al., 1995 conclui que os impactes climáticos serão, em primeira aproximação, proporcionais à taxa de irrigação. Assim, esperam-se impactes no período da Primavera e Verão, sendo os impactes esperados para a Primavera de menor intensidade. No período do Outono poderá existir algum impacte associado à alteração introduzida no teor de água no solo, mas a sua magnitude será provavelmente reduzida.

Um estudo por Lousada (2010) tem como objetivo verificar se as temperaturas regionais são efetivamente afetadas pela construção do Alqueva, bem como analisar a relação dessas temperaturas com a área de rega. Este incide sobre a região Sul da Península Ibérica (Portugal e Espanha), nomeadamente Alqueva (Portel) e os concelhos de Beja e Évora, em Portugal e os concelhos de Almería, Badajoz, Córdoba, Granada, Huelva, Málaga, Múrcia e Sevilha em Espanha. São considerados os indicadores temperatura mínima, média e máxima diária, assim como a diferença entre o mesmo tipo de temperatura entre o município em análise e os de referência, nomeadamente Beja e Múrcia. Os resultados demonstram que o aumento da área de rega provoca um aumento na maior parte dos indicadores analisados, nomeadamente aqueles que dizem respeito às temperaturas dos meses quentes do ano. Por sua vez, o aparecimento da barragem revela uma diminuição na maior parte destes. No entanto, os autores indicam que estes resultados não devem ser considerados definitivos, sendo necessária a continuação de monitorização.

Considerando o empreendimento do Alqueva como representante do efeito em termos de clima regional da presença de albufeiras é possível concluir que:

- A presença de albufeiras e zonas irrigadas tem elevado potencial para alterar as condições do clima, a nível regional.
- A intensidade do impacto varia ao longo do ano e poderá ter efeitos contrários caso se esteja a analisar a albufeira em si ou a área irrigada.
- A importância do impacto depende ainda das características particulares do local de implantação do aproveitamento.

Assim, embora seja indicada a presença de uma externalidade, não se verifica possível a sua avaliação.

A presença de albufeiras e zonas irrigadas terá, potencialmente, impacto em termos de clima regional. O impacto depende das características do empreendimento, não sendo aqui possível efetuar uma avaliação das externalidades existentes.

3.3.2. Impacto no clima global

Pretende-se aqui a avaliação da contribuição para as alterações climáticas das práticas agrícolas de regadio (em kg CO₂ equivalente). Para tal seguiu-se uma abordagem de ciclo de vida (ACV), descrita no Anexo V. A unidade funcional considerada é a tonelada de cultura (para as culturas de arroz, milho, tomate, laranja, brócolo e olival) ou hectare (para as pastagens). As emissões de gases com efeito de estufa (GEE), numa perspetiva de ciclo de vida, para as várias culturas e cenários estão sumariadas na Tabela 19. De acordo com esta:

- Se $(a-b) > 0$, o cenário do regadio tem associada uma maior emissão de GEE do que o contrafactual. O **cenário contrafactual** apresenta-se **favorável**.
- Se $(a-b) < 0$, o cenário contrafactual tem associada uma maior emissão de GEE do que o regadio. O **cenário de regadio** apresenta-se **favorável**.

Quanto maior é o valor, maior o impacte ambiental. Valores negativos indicam emissões evitadas.

Tabela 19. Emissões de GEE nos vários cenários por cultura

Cultura	Emissões de GEE (kg CO _{2e} /t ^a)		
	Regadio (a)	Contrafactual (b)	(a-b)
Arroz	552,7	630,0	-77,3
Milho	251,1	333,4	-82,3
Tomate	88,4	166,0	-77,6
Brócolo	1400,4	2207,8	-807,3
Laranja	59,7	113,5	-53,8
Olival	229,8	287,1	-47,4
Pastagens	-1504,7	4901,6	-6406,3

^akg CO_{2e}/ha para o caso das pastagens.

De acordo com a Tabela 19, o regadio nacional apresenta impactes ambientais mais baixos do que o cenário contrafactual, tendo portanto associado um externalidade líquida positiva.

Para as culturas cujo cenário contrafactual inclui importação, de salientar a importância que o transporte internacional assume nos resultados. Como modo de ilustrar a importância deste, foi considerada a sua inexistência. Um resultado imediato é a diminuição da diferença entre cenários. A similaridade entre cenários resulta numa significativamente menor certeza naquela que seria a avaliação de qual o cenário favorável. Para a cultura de arroz, a cenário de regadio é apenas 4% superior ao cenário contrafactual, não havendo assim uma distinção significativa entre cenários. Para a cultura de milho e laranja o cenário contrafactual torna-se favorável, embora com uma diferença reduzida. Para o tomate e brócolo o cenário de regadio mantém-se favorável. Assim, é possível concluir da importância da inclusão do transporte internacional na análise.

Relativamente à cultura de tomate, é considerada a importação de milho no cenário de regadio e a importação de tomate no cenário contrafactual. Contudo, para o tomate, a balança comercial atual indica a ocorrência de uma importação equivalente à exportação. Assim, sendo equivalentes, não deveria ser considerado o transporte de tomate aquando do cenário contrafactual, mantendo o transporte de milho no cenário de regadio. Neste caso, os cenários são iguais, não sendo possível afirmar a existência de externalidades.

Os resultados obtidos são ainda muito sensíveis à adição de agro-químicos e operações mecânicas. Como já discutido anteriormente, é esperada uma uniformização das fertilizações, sendo portanto necessário a reanálise caso tal se verifique. No que respeita às operações mecânicas, de notar a importância que assume a produtividade. Para dado hectare, independentemente da produtividade, o número de operações mantém-se constante, assim, ao efetuar a análise por tonelada de produto, quanto maior a produtividade, menor o impacto associado a cada tonelada produzida. Para ilustrar o descrito foi testado o que sucederia caso, para o cenário de regadio nacional,

fosse considerada a produtividade indicada pela FAO, para a cultura do milho (6,9 t/ha). Neste caso, o regadio passaria a ser desfavorável.

Para o caso do olival, não é, por definição, considerado qualquer transporte internacional, sendo a diferença entre os dois cenários reduzida. O fato do olival intensivo usar uma quantidade muito menor de fertilizantes é compensada pelo maior número de operações mecânicas usado, fazendo com que os impactos do intensivo e olival sejam bastante semelhantes ao do olival tradicional.

Para o caso das pastagens, as PPSBRL emitem menores quantidades de GEE por unidade de área do que as pastagens naturais, em grande parte devido ao maior encabeçamento das primeiras. Este faz com que no cenário contrafactual seja necessário importar carne para igualar aquela produzida no regadio nacional. Assim, o regadio nacional evita que se tenha de importar carne permitindo um maior número de animais em pastoreio nacional. Há que referir que a componente de produção de rações não foi considerada, o que aumentaria ainda mais as diferenças existentes entre os dois tipos de pastagem uma vez que as pastagens naturais fornecem alimento de mais baixo valor nutritivo, sendo necessários suplementos para satisfazer as necessidades dos animais, suplementos estes cuja produção emite GEE.

Com aplicação para todas as culturas, é de referir que não foi considerada a operação de rega. Embora seja essencial para a produção agrícola não foi possível averiguar, simultaneamente para a produção nacional e internacional, a distribuição e características específicas da rega.

No contexto nacional é de referir que, entre 1990 e 2007 os níveis de emissão de GEE aumentaram em quase todos os sectores de atividade, exceto no sector agrícola que apresentou até 2007 uma taxa de variação de -5%, em resultado das mudanças estruturais ocorridas (INE 2012).

Para o caso do arroz, milho, laranja e tomate é ainda possível comparar os impactos das diferentes culturas, tendo por base o preço da cultura no produtor (Figura 10). O milho é a cultura que apresenta uma quantidade maior de emissões evitadas (por unidade de preço no produtor) comparando com as restantes culturas analisadas. A Tabela 20 apresenta a valorização económica (ganhos) das emissões de GEE evitadas pelas diferentes culturas em regadio nacional. As pastagens são aquelas que apresentam mais ganhos económicos (por unidade de produção) se fosse efetuado um pagamento ao carbono evitado.

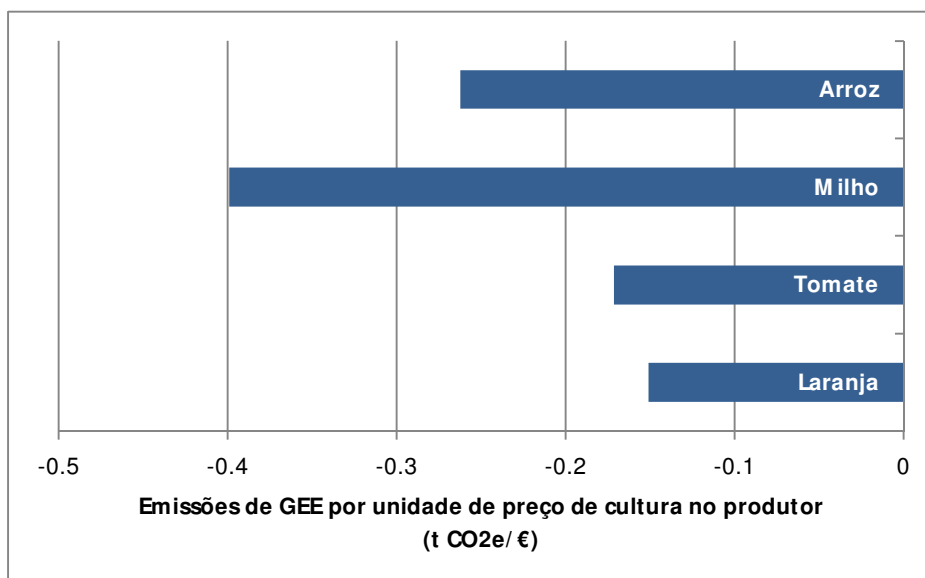


Figura 10. Emissões de GEE evitadas com o regadio por unidade de preço de cultura no produtor

Tabela 20. Valorização económica das emissões de GEE da produção de regadio nacional

Cultura	GEE (t CO ₂ e)	Valorização ⁷ (€/t ^a)	
		Min.	Máx.
Arroz	-0,08	-0,76	-0,80
Milho	-0,08	-0,81	-0,86
Tomate	-0,08	-0,77	-0,81
Brócolo	-0,81	-7,98	-8,39
Laranja	-0,05	-0,53	-0,56
Olival	0,05	0,47	-0,49
Pastagens	-6,41	-63,36	-66,56

^a€/ha para o caso das pastagens.

Como foi discutido, a atividade agrícola possui um impacto no clima global, através da emissão de gases com efeito de estufa. Contudo, é ainda preciso ter em conta o papel que a agricultura, em particular a de regadio, pode desempenhar como resposta à existência efetiva de alterações climáticas.

De acordo com o Documento de Orientação para o Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020:

“O regadio assume uma importância decisiva para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas de produção agrícola através do armazenamento de água e regularização da sua disponibilidade para as culturas, promovendo a adaptação às alterações climáticas (...)”.

⁷ Valor de carbono: 9,89 €/tCO₂ e 10,35 €/tCO₂ – preço médio (2006, 2007, 2008, 2009 e 2010) de acordo com a base de dados Bluenext.

Em termos de emissões de GEE, a produção em regadio nacional permite a existência de externalidades positivas para todas as culturas analisadas. A contribuir para este resultado é de salientar a importância do transporte associado à importação.

3.4. Energia

À primeira vista, a relação entre os recursos energéticos e a atividade agrícola diz respeito ao consumo energético necessário para o desenvolvimento da atividade. Contudo, os aproveitamentos hidroagrícolas utilizados como meio de obtenção de água para a prática agrícola de regadio permitem também a produção de energia. Assim, é aqui avaliado não só o **consumo de energia primária**, mas também a produção de **energia hidroelétrica**.

3.4.1. Consumo de energia primária

É aqui avaliado o consumo de energia primária numa perspectiva de análise de ciclo de vida (ver Anexo V). A unidade funcional usada é a tonelada de cultura (para as culturas de arroz, milho, tomate, laranja, brócolo e olival) ou o hectare (para as pastagens).

Os consumos de energia primária (em MJ), numa perspectiva ACV, para as várias culturas e cenários encontram-se na Tabela 21. De acordo com esta:

- Se $(a-b) > 0$, o cenário de regadio tem associado um maior consumo de energia primária. O **cenário contrafactual** apresenta-se **favorável**.
- Se $(a-b) < 0$, o cenário contrafactual tem associado um maior consumo de energia primária. O **cenário de regadio** apresenta-se **favorável**.

Quanto maior é o valor, maior o impacto ambiental uma vez que os consumos de energia primária se referem ao consumo de recursos não-renováveis, para além de todos os impactos indiretos que daí advêm (como alterações climáticas, custos económicos, toxicidade humana e dos ecossistemas por poluentes vários resultantes da queima de combustíveis fósseis, entre outros).

Tabela 21. Consumos de energia primária por cultura

Cultura	Consumo de energia primária (MJ t ^a)		
	Regadio (a)	Contrafactual (b)	(a-b)
Arroz	3995,0	5307,8	-1312,7
Milho	2966,5	4928,0	-1961,5
Tomate	1408,8	2533,5	-1124,7
Brócolo	20954,7	32496,9	-11542,2
Laranja	648,4	1762,7	-1114,4
Olival	3748,6	3568,9	179,8
Pastagens	2896,6	1130,3	1766,3

^aMJ/ha para o caso das pastagens.

Como apresentado na Tabela 21, o regadio nacional apresenta-se favorável para as culturas de arroz, milho, tomate, brócolo e laranja. De acordo com a definição de externalidade apresentada, o regadio apresenta assim externalidades positivas para estas culturas.

À semelhança do verificado para o impacto associado à emissão de gases com efeito de estufa, o transporte internacional possui elevada relevância para os resultados. De modo a ilustrar a influência do transporte internacional nos resultados, é efetuada análise na sua ausência. Um resultado imediato é a diminuição da diferença entre cenários. A similaridade entre cenários resulta numa menor certeza na avaliação de qual o cenário favorável. Embora com diferença reduzida, para o caso do arroz, milho, laranja o cenário contrafactual passaria a ser favorável e para o tomate e brócolo o regadio mantinha-se favorável. Assim, é possível concluir da importância da inclusão do transporte internacional na análise.

Para o caso do tomate, como explicado no caso do impacto no clima global, é conveniente analisar o resultado retirando apenas o transporte associado ao transporte de tomate do país de importação. Nesse caso, o cenário de regadio seria desfavorável, tendo assim associado um consumo de energia superior ao do cenário contrafactual.

A influência da adição de agro-químicos e operações mecânicas segue o mesmo raciocínio e resultados apresentados para a emissão de gases com efeito de estufa.

De acordo com a Tabela 21 o regadio apresenta-se desfavorável para o olival e pastagens. Para o caso do olival, o sistema intensivo tem impactes mais elevados do que o tradicional devido ao maior número de operações mecânicas, cujo consumo energético compensa largamente o fato de usar uma menor quantidade de fertilizantes por unidade de produção (e portanto, a energia usada na produção destes).

Nas pastagens, as diferenças devem-se essencialmente ao fato das PPSBRL terem um número mais elevado de operações mecânicas, adubos e corretivos adicionados ao solo. Estes elevam o consumo de energia associado às pastagens, tornando-as menos preferíveis do que as pastagens naturais nesta categoria ambiental. Há que referir que a componente de produção de rações não foi considerada. A sua inclusão contribuiria para reduzir as diferenças observadas entre os dois sistemas de pastagem, uma vez que as pastagens naturais fornecem alimento de mais baixo valor nutritivo, sendo necessários suplementos para satisfazer as necessidades dos animais. À produção e transporte de suplementos encontra-se associado um consumo de energia.

De notar que, no contexto nacional, o consumo final de energia pela agricultura também tem vindo a diminuir apesar do aumento do valor do VAB, traduzindo um aumento da eficiência no uso deste fator de produção (GPP, 2012).

Considerando o arroz, milho, laranja e tomate, a produção nacional de milho apresenta melhores resultados por evitar um maior uso de energia primária por euro pago ao produtor (Figura 11).

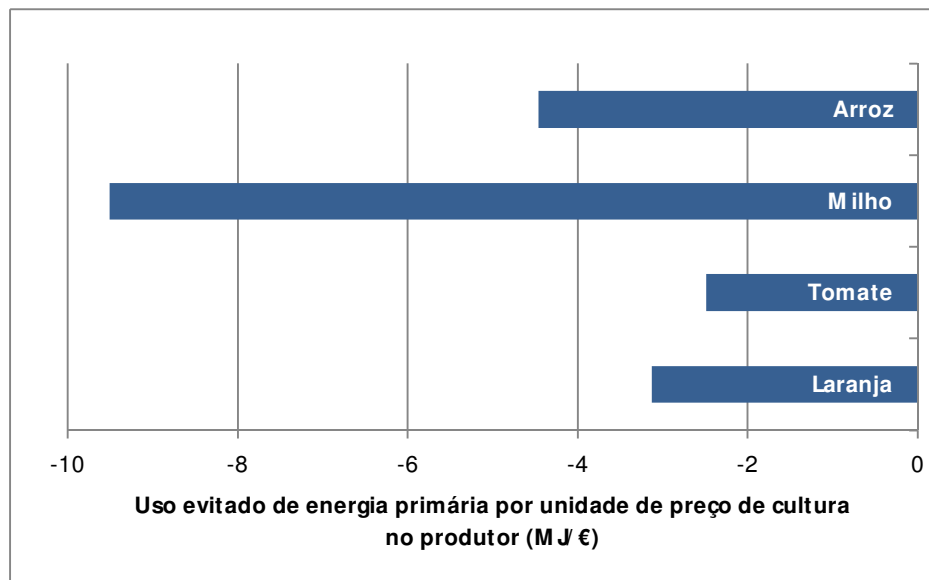


Figura 11. Energia primária usada (evitada) para as várias culturas do regadio nacional

A produção em regadio nacional, quando comparada com o contrafactual, apresenta externalidades positivas para as culturas de arroz, milho, tomate, laranja e brócolo, uma vez que apresenta um menor consumo de energia primária. De salientar a influência que o transporte internacional possui nos resultados.

Para as culturas de olival e pastagens o regadio tem associado um maior consumo de energia primária, ocorrendo assim uma externalidade negativa.

3.4.2. Produção hidroelétrica

As infraestruturas hidroagrícolas não se encontram apenas associadas à disponibilização de água para rega, sendo de especial importância a produção de energia elétrica. Trata-se de uma externalidade positiva associada à prática de agricultura de regadio. Na Tabela 22 encontram-se valores de energia produzida em ano médio para os aproveitamentos hidroagrícolas (ver Anexo I) assim como valores de consumo pelas suas estações elevatórias, para o ano de 2010, assumidos como típicos de um consumo médio anual. De acordo com esta, a energia elétrica produzida em ano médio é cerca de 2,5 vezes superior aquela utilizada nas estações elevatórias que permitiram a prática de regadio.

Tabela 22. Energia produzida versus energia consumida nos aproveitamentos hidroagrícolas

Aproveitamento hidroagrícola	Produção (GWh.ano ⁻¹)	Consumo (GWh.ano ⁻¹)
Vale do Sorraia	10,7	1,4
Benaciate		0,6
Idanha	1,2	0,7
Aldeia da Luz		0,3
Macedo Cavaleiros		0,3
Caia	1,6	0,2
Campilhas		0,4
Lezíria		3,7
Luçefecit		1,6
Mira	1,1	0,8
Mondego		0,4
Odivelas		2,9
Silves		0,8
Sotavento		0,3
Lis		0,3
Alvega		0,2
Alvor	0,1	0,1
Cela		0,1
Minutos		1,1
Roxo		0,7
Vigia		1,2
Cova da Beira	9,9	
Vale do Sado	7,1	
EFMA	888	350
Total	920	368

Fonte: Para todos exceto EFMA – DGADR em sistema de informação ao regadio e Associações de Regantes, 2010. EFMA – Jornadas Técnicas APRH 2011 “A Engenharia dos Aproveitamentos Hidroagrícolas” (<http://www.aprh.pt/>). Os valores referentes ao empreendimento de Alqueva são potenciais, estimados para funcionamento do EFMA em ano cruzeiro para dotação média de 4500 m³/ha, embora não presentemente em vigor.

É possível concluir que a produção de energia hidroelétrica que ocorre nos aproveitamentos hidroagrícolas constitui uma externalidade positiva largamente capaz de suprir as necessidades energéticas das estações elevatórias.

3.5. Biodiversidade

As alterações ao uso do solo representam o principal promotor da perda de biodiversidade (SCBD, 2006). Dentro do conjunto de atividades que contribuem para este fenómeno, destaca-se a intensificação agrícola, como sendo a que constitui maior ameaça para as aves (Green et al., 2005), muito embora também o abandono de determinadas práticas agrícolas tenha sido identificado como prejudicial para algumas espécies (Baur et al., 2006).

O regadio, inserido num conjunto mais alargado de sistemas agrícolas intensivos, tem sido identificado como ameaça à conservação e promotor do declínio da biodiversidade (Proença et al., 2009; Rosas et al., 2009). A procura de água para fins de irrigação agrícola, em si, tem também levado ao declínio das zonas húmidas e das espécies associadas à existência de zonas húmidas (Lemly et al., 2000).

Não tendo sido possível a avaliação do impacto do sistema agrícola nos países exportadores procede-se à avaliação do impacto da implementação de regadio em território nacional. A análise é descritiva, não sendo possível uma avaliação das externalidades.

Em Portugal, os impactos do regadio na biodiversidade dão-se sobretudo de duas formas. A primeira, mais direta, consiste na destruição de **habitats** através da alteração do uso dos solos. A segunda, menos direta, relaciona-se com o impacto que os empreendimentos e as infraestruturas associadas ao regadio, nomeadamente a construção de represas, os canais de rega e a instalação de blocos de rega, podem ter nos ecossistemas de água doce e em particular na alteração dos **caudais ecológicos** e conseqüentemente nos ecossistemas lênticos e lóticos associados e nos ecossistemas ribeirinhos.

3.5.1. Alteração de habitats

Um dos aspetos mais interessantes da diversidade biológica na Europa consiste na sua relação histórica com paisagens criadas por influência humana. Desta forma, a estrutura e as funções das áreas rurais na Europa estão ameaçadas em numerosos locais por via de um conjunto de fatores que incluem a intensificação agrícola mas também o abandono de práticas agrícolas (EEA, 2005). Em Portugal, estima-se que cerca de 43% das espécies de mamíferos, aves, anfíbios, répteis e borboletas estarão associadas a sistemas agrícolas, sendo que as mais importantes utilizações agrícolas do solo para a biodiversidade são os lameiros, as pastagens de grande altitude e outras pastagens extensivas em solos calcários ou ultrabásicos, arrozais, pseudoestepes cerealíferas, vinhas e olivais (Pereira & Daily, 2006; Rosas et al., 2009). Os principais conflitos entre o regadio e a biodiversidade em Portugal têm-se verificado desde logo no plano do ordenamento, nomeadamente quando implicam a sobreposição de áreas onde se cruzam expectativas de produção agrícola e a classificação do território através de algum estatuto de proteção ao

abrigo de leis nacionais e/ou diretivas europeias destinadas à conservação da natureza e em particular a espécies e habitats classificados com estatuto de conservação preocupante e graus de ameaça elevados.

De notar que, dadas as características biofísicas do território nacional, assim como a organização económica da atividade agrícola e da propriedade da terra, o mosaico existente garante a descontinuidade entre áreas regadas e não regadas, assim como a existência de faixas naturais de dimensão relevante. Exemplo do descrito encontra-se na Figura 12. É possível afirmar que o território rural português no qual se inclui o regadio tem uma paisagem diversificada que potencia a existência de um conjunto diverso de habitats e de corredores de ligação entre os mesmos.



Figura 12. Panorama ilustrativo do mosaico de usos de solo

Abordamos dois casos de estudo representativos da relação entre o regadio e a biodiversidade em Portugal no que concerne à alteração do uso dos solos, nomeadamente o caso de estudo do **Bloco de Rega Alvito-Pisão**, cujo potencial impacto incidia sobre o habitat de espécies ameaçadas da avifauna portuguesa, e o caso de estudo do **aproveitamento Hidroagrícola do Mira**, em que o impacto incide sobretudo sobre habitats protegidos e espécies ameaçadas.

Bloco de Rega Alvito-Pisão

Em Portugal, quando se aborda a questão do impacto do regadio na biodiversidade em geral e na avifauna em particular, é desde logo relevante considerar a forma como no âmbito do ProDeR se estabeleceu à partida que não seriam aprovados nem executados projetos de regadio nas áreas demarcadas como áreas importantes para as aves (IBA – Important Bird Areas), sem que estivesse garantida a preservação das espécies lá existentes, no âmbito da Diretiva Aves (Diretiva n.º 79/409/CEE) (Rosas et al., 2009).

Esta salvaguarda estabeleceu-se logo à partida como sendo bastante importante para o caso do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA) pois as regiões abrangidas pelos subsistemas e blocos de rega deste empreendimento sobrepõem-se com áreas importantes para a conservação de um conjunto de espécies de aves estepárias ameaçadas à escala global, que lá habitam e onde se alimentam e reproduzem.

No Projeto “Blocos de Rega Alvito-Pisão”, a área de implantação inclui uma porção significativa (45%) da IBA de Cuba, considerada uma das áreas mais importantes para a conservação das aves estepárias em Portugal. Em causa estariam os habitat de espécies de aves como a Águia-caçadeira (*Circus pygargus*), o Francelho (*Falco naumanni*), o Ssão (*Tetrax tetrax*), a Abetarda (*Otis tarda*) ou a Calhandra-real (*Melanocorypha calandra*), entre outras. A principal ameaça consistia portanto no fato das alterações ao tipo de ocupação do solo em causa implicarem a substituição de culturas anuais de cereal de sequeiro por culturas de regadio. O Estudo de Impacte Ambiental (EIA) relativo a este projeto foi sujeito a um processo de consulta pública, de forma a cumprir legalmente o procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA). Deste processo resultou um conjunto de pareceres que apontaram deficiências na caracterização da situação contrafactual, na análise dos impactes e na definição de medidas de minimização e compensação. A potencial violação da Diretiva Aves e a necessidade de excluir a porção do Bloco de Rega que se iria sobrepor à IBA de Cuba, foram salientadas por várias Organizações Não Governamentais de Ambiente (ONGA). A Comissão de Avaliação do processo de AIA, nomeada para se pronunciar em parecer técnico final, propôs a exclusão dos 2300 ha do sub-bloco de Faro que se sobrepunham efetivamente à IBA de Cuba, reconhecendo a importância desta para as aves estepárias. A Autoridade de AIA emitiu proposta de Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável mas condicionada à exclusão dos 2300 ha referidos.

Numa fase posterior, as autoridades nacionais não exigiram a exclusão da área sobreposta e a Direcção-Geral do Ambiente da Comissão Europeia abriu um processo de averiguações junto do Estado português, na sequência de queixas apresentadas. Em 2008, o canal de ligação Alvito-Pisão do subsistema de rega do EFMA localizado na periferia da área classificada de Cuba foi construído e a Zona de Proteção Especial (ZPE) de Cuba foi designada para a área relevante (PTZPE0057).

Finalmente, em 2009, foi assinado um acordo entre as instituições públicas, os proprietários agrícolas e duas ONGA, estabelecendo um programa de gestão agrícola que procurou compatibilizar a construção e utilização da infraestrutura do Bloco de rega de Faro -que se sobrepõe à referida ZPE - com a salvaguarda dos interesses de conservação das aves estepárias existentes e as expectativas dos agricultores interessados. O acordo compreendeu oito áreas a regar num total de 280 ha, permanecendo as áreas mais importantes para as espécies de aves (cuja presença fundamentaram o estabelecimento da ZPE) abrangidas nas medidas agroambientais do PRODER, nomeadamente na Intervenção Territorial Integrada (ITI) das Zonas de Rede Natura do Alentejo, que veio a ser constituída.

Aproveitamento Hidroagrícola do Perímetro de Rega do Mira (AHPRM)

O AHPRM abrange cerca de 12000 ha, o que corresponde à maior parte da região norte da Costa Sudoeste, e está sobretudo localizado no Concelho de Odemira. A Costa Sudoeste de Portugal, devido à sua importância e elevado

valor do património natural, é classificada, em 1988, como Área de Paisagem Protegida do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, ascendendo ao estatuto de Parque Natural em 1995, integrando a Rede Nacional de Áreas Protegidas. Toda a área do Parque Nacional e ainda uma área adjacente fazem parte do Sítio de Interesse Comunitário (SIC) da Costa Sudoeste (PTCON0012) (Resolução do Conselho de Ministros n.º 142/97), proposto à Comissão Europeia para classificação como Zona Especial de Conservação (ZEC), de acordo com o previsto na Diretiva Habitats (Diretiva n.º 79/409/CEE). Desde 1999, o Parque Nacional do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina está classificado como ZPE (PTZPE0015), de acordo com a Diretiva Aves.

De entre o vasto leque de património natural desta região, o destaque vai para os chamados charcos temporários mediterrânicos, um tipo particular de habitat prioritário particularmente relacionado com a questão do AHPRM. É neste território que se concentra a maior densidade de charcos temporários mediterrânicos a nível nacional. As espécies de fauna e flora que ocorrem estão adaptadas à sazonalidade da disponibilidade hídrica que os caracterizam. O conjunto é variado e inclui espécies endémicas. Na flora destaca-se o jacinto (*Hyacinthoides vicentina*) ou a *Thorella verticillatunundata*. Na fauna, espécies como a rã-de-focinho-pontiagudo (*Discoglossus galganoi*), o sapo-parteiro-ibérico (*Alytes cisternasi*), o tritão-ibérico (*Lissotriton boscai*), o sapinho-de-verrugas-verdes (*Pelodytes punctatus*), o cágado-de-carapaça-estriada (*Emys orbicularis*), o rato-de-cabrera (*Microtus cabrerae*) e o rato-de-água (*Arvicola sapidus*), entre muitas outras de grupos tão diversos como os morcegos ou os crustáceos.

Durante muito tempo, este tipo de habitat foi dominante nesta região e a sua preservação compatível com os usos tradicionais do solo, mas nas últimas duas décadas observou-se a destruição da maioria da área anteriormente identificada (Alcazar, 1998). Canha (2010) observou que em menos de 11 anos apenas 48% dos pontos cartografados anteriormente persistem como habitats temporários de água doce. A intensificação agrícola, enquanto promotora de algumas das causas identificadas para o declínio da biodiversidade na Costa Sudoeste inclui a mobilização dos solos, a colmatação (que converte zonas húmidas em terrestres), a drenagem, o afundamento, o excessivo pastoreio, a fertilização (que age como contaminante) e a própria irrigação das culturas que altera o regime hidrológico natural. São as explorações intensivas como as estufas de frutos vermelhos e floricultura, entre outras, e alguma da produção de gado, aquelas que têm sido identificadas como tendo mais impacto na biodiversidade.

De acordo com o trabalho científico realizado nos últimos anos, a conciliação das expectativas de realização do regadio no perímetro de rega do Mira não poderá deixar de integrar as recomendações tipicamente avançadas para a conservação dos charcos temporários mediterrânicos e das espécies que lá ocorrem, nomeadamente: a) interditar a drenagem, terraplanagem e escavação; b) manter os charcos na sua condição temporária (a conversão em reservatórios permanentes destrói o valor natural); c) evitar a escorrência das águas de irrigação; d) manter o pastoreio extensivo nos charcos; e) privilegiar o pastoreio extensivo na envolvente dos charcos; e f) manter redes de lagoas com diferentes hidroperíodos para manter a diversidade de habitats e espécies (Beja, 2010).

Como linha diretriz de atuação, de salientar a criação de medidas agroambientais ambientalmente eficazes e atrativas para os agricultores, que compensem a perda de produção decorrente da conservação dos charcos temporários mediterrânicos é uma das várias formas pelas quais estes requisitos podem ser cumpridos. Criar e

manter um registo ou cadastro dos valores naturais mais importantes como os charcos temporários mediterrânicos, será outra medida a considerar (Beja, 2010).

Os principais conflitos entre o regadio e a biodiversidade em Portugal têm-se verificado desde logo no plano do ordenamento, nomeadamente quando implicam a sobreposição de áreas onde se cruzam expectativas de produção agrícola e a proteção do território. Contudo, é possível a implementação de acordos envolvendo instituições públicas, proprietários agrícolas e organizações não-governamentais. Promove-se assim a compatibilização entre a construção e utilização da infraestrutura, com a salvaguarda dos interesses de conservação existentes e as expectativas dos agricultores envolvidos.

3.5.2. Estabelecimento de caudais ecológicos

Em Portugal, a implantação de infraestruturas associadas ao regadio, como são as barragens, tem impacto direto na fauna e flora das áreas ribeirinhas, nas comunidades faunísticas dos cursos de água por via da transformação de sistemas lóticos em sistemas lênticos e da alteração dos regimes de caudal ecológico. Um caso particular deste último tipo de impacto ocorre nos cursos de água que ocorrem em regiões semiáridas como o Sul de Portugal e que se caracterizam por caudal nulo ou muito baixo durante o verão, apresentando frequentemente grandes extensões do leito pontuado por pegos. Nestes cursos de água as comunidades bióticas estão adaptadas à alternância entre condições lóticas e lênticas. Situações que impliquem o prolongamento ou a intensificação da estiagem, como as que decorrem da implantação de um aproveitamento hidráulico, elevam o stress a que está sujeito o biota e colocam em causa a respetiva sobrevivência (Alves & Bernardo, 1998).

Para ilustrar os efeitos da implantação de infraestruturas associadas ao regadio (em particular as barragens) nos caudais ecológicos dos cursos de água doce, em Portugal, é aqui analisado o caso de estudo da Ribeira do Almansor, cujo caudal ficou condicionado pela construção do aproveitamento hídrico dos Minutos. Esta massa de água foi alvo de um estudo de caracterização do estado de referência, estabelecimento do caudal ecológico e de um programa de monitorização (Bernardo et al., 2007). As conclusões permitem-nos ilustrar sumariamente os efeitos que estas infraestruturas têm nos cursos de água portugueses com as características da Ribeira do Almansor.

Relativamente à flora e vegetação é possível comparar as situações em 2001 e em 2004-2005. De acordo com estas, verificou-se que as comunidades vegetais climáticas das secções amostradas continuavam a deparar-se com os mesmos problemas de conservação inicialmente diagnosticados, nomeadamente a pressão exercida pelo pastoreio que contribui para o aumento da matéria orgânica no leito e margens de muitos troços do rio, promovendo a compactação do solo e impedindo a recuperação das comunidades arbustivas e arbóreas, consideradas essenciais para o equilíbrio do ecossistema. Outra conclusão do estudo refere que as práticas agrícolas desenvolvidas nas margens também invadem a zona do leito de cheia, impedindo a recuperação da vegetação ribeirinha.

O mesmo estudo concluiu que o represamento de água pela barragem dos Minutos não provocou um impacto negativo significativo no curto prazo, mas alterações na vegetação que ocorram em escalas temporais mais dilatadas

poderão vir ainda a ocorrer, sendo fundamental desenvolver ao longo de todo o curso ações que favoreçam a regeneração natural das espécies arbóreas autóctones.

Para o fitoplâncton observou-se que este apresenta grande variação em número de células ao longo do tempo, com marcada sazonalidade, mas observou-se também uma situação de dominância de cianobactérias potencialmente tóxicas sobretudo nos anos com o período seco mais longo, sendo que é de prever que essa situação se mantenha caso não sejam corrigidas as entradas de nutrientes/matéria orgânica.

Do estudo bacteriológico levado a cabo no caso de estudo da Ribeira do Almansor, ressaltou a ocorrência de uma contaminação com carácter irregular devido à entrada de efluentes não tratados de suiniculturas e à presença de gado bovino.

Para as comunidades de macroinvertebrados bênticos, a sua estrutura é função de diversos parâmetros, em particular no que concerne às características da água como o oxigénio dissolvido, a presença de nutrientes, a dureza e disponibilidade da água e as características do ambiente sedimentar. Na Ribeira de Almansor, a curto prazo não ficaram provados impactos mas prevaleceu a necessidade de contínua monitorização para poder fundamentar a afirmação quanto à existência ou não de impactos efetivos no biota aquático face ao regime de caudais ecológicos que seja adotado.

Do ponto de vista da ictiofauna observou-se uma baixa disponibilidade de habitats reprodutivos, nomeadamente para as espécies reófilas. A composição piscícola, disponibilidade de habitats e ocorrência de indivíduos em postura e alevins justificam que alguns sectores sejam objeto de atenção particular. Os resultados observados indicaram também a existência de uma relação estreita entre o caudal e a coexistência de espécies indígenas e exóticas (baixos valores de caudal fornecem condições favoráveis à proliferação das espécies exóticas, aumentando as relações de predação/competição sobre as espécies indígenas, já em desvantagem devido às condições hídricas desfavoráveis).

Uma das considerações mais importantes que resultaram deste estudo foi a da importância em continuar a monitorização desta fauna no sentido de identificar de modo objetivo os processos de transformação deste grupo e eliminar os efeitos associados da variabilidade interanual de caudais.

A implantação de infraestruturas, como são as barragens, tem impacto direto na fauna e flora das áreas ribeirinhas, nas comunidades faunísticas dos cursos de água por via da transformação de sistemas lóticos em sistemas lênticos e da alteração dos regimes de caudal ecológico. Contudo, o impacto pode ser minimizado ou eliminado através de medidas prévias/profiláticas que contemplem a caracterização do estado de referência, o estabelecimento do caudal ecológico e de um adequado programa de monitorização.

4. Incertezas e limitações

A solidez dos resultados obtidos encontra-se limitada quer pela definição dos cenários, quer pela qualidade das fontes de informação. Tanto quanto possível, a definição dos cenários pretende refletir a realidade agrícola atual. Caso esta mude, os resultados aqui obtidos terão de ser revistos à luz da nova definição de caso de estudo. No que respeita aos dados que suportam o estudo, várias limitações foram encontradas, contribuindo para incerteza nos resultados. Seguidamente são apresentados os principais itens a ter em consideração aquando da análise do presente estudo.

No que respeita a definição dos cenários é de salientar:

- Embora seja considerada uma fração representativa das culturas de regadio nacional, a análise não inclui todo o universo cultural;
- A definição do cenário contrafactual pretende refletir a atualidade. Mudanças na mesma implicam uma reestruturação do caso de estudo. Nomeadamente, o uso nacional alternativo ao regadio, assim como os principais países exportadores são mutáveis.
- É aqui assumido que caso a produção em regadio não ocorra em Portugal, tem lugar importação. Contudo, a balança comercial pode não refletir esta realidade. Por exemplo para o caso do tomate e do olival, tem exportação do produzido em território nacional e importação para consumo interno.

Como consequência do descrito, a aplicabilidade das conclusões encontra-se limitada pela compatibilidade dos pressupostos. Particular atenção deve ser dada aos sub-temas de impacto no clima global e consumo de energia primária. Para estes, o transporte é determinante para as conclusões.

Os resultados do estudo são diretamente dependentes da informação disponível acerca dos sistemas de produção. No que respeita aos fatores de produção são de assinalar as seguintes limitações e incertezas:

- Foram consideradas duas tipologias distintas de fontes de informação para as culturas nacionais e internacionais. No que respeita às culturas nacionais foram recolhidas informações que pretendiam retratar detalhadamente a produção nacional em regadio. Para o caso da produção internacional, por limitação de dados, foi assumida a fertilização facultada pela FAO. Tratam-se de valores médios por cultura e país, referentes ao ano de 2000. A aplicação de fito-fármacos, tal como as operações mecânicas são assumidas iguais, por hectare, às nacionais.
- Não foi possível aceder aos valores de dotação de rega para a produção internacional. Assim, foi efectuada a análise com base na pegada hídrica. Embora a fonte de informação seja a mesma quer para a produção nacional quer para a internacional, dada a metodologia de cálculo, é considerada elevada incerteza associada aos valores. Para a produção nacional, os valores de pegada refletem um sistema médio de produção e não as particularidades de regadio.

De notar também que num médio-longo prazo é esperada uma uniformização das técnicas de produção, nomeadamente no que respeita à aplicação de fertilizantes. Tal evolução irá influenciar grandemente as conclusões sobretudo no que respeita à ocupação de área, balanço de nutrientes e lixiviação potencial.

O desconhecimento acerca do funcionamento do sistema de produção e impacto nos ecossistemas envolventes apresentou-se como uma forte limitação ao estudo. Nomeadamente:

- Em território nacional apresentou-se complexa a atribuição de causa-efeito entre as práticas agrícolas em análise e o impacto ambiental no ecossistema. Mesmo quando esta relação se verificou possível, não permitiu conclusões de carácter nacional.
- Em território internacional o desconhecimento é muito reduzido não tendo sido, de todo possível inferir acerca do impacto ambiental na produção agrícola.

Este desconhecimento implica a não análise comparativa entre o cenário de regadio e o cenário contrafactual. Não sendo possível comparar o regadio nacional com a sua alternativa de produção internacional, para os sub-temas de ocorrência de salinização, qualidade dos recursos hídricos, impacto no clima regional, produção hidroelétrica e para o tema de biodiversidade, é apenas efetuada uma análise nacional, tão exaustiva quanto possível.

Apesar das limitações e incertezas descritas verificou-se possível efetuar uma avaliação satisfatória do desempenho da agricultura de regadio nacional, com resultados tão consistentes quanto possível.

5. Conclusões

A agricultura, sendo a base da provisão de **bens alimentares**, é uma atividade primordial para a manutenção da sociedade, fato enfatizado nos últimos anos resultado do crescimento da população, da escassez de alimentos essenciais, da crise dos mercados financeiro e da utilização especulativa das *commodities* alimentares.

Sendo já conhecida a sua importância social e económica, é controverso o seu desempenho ambiental. Neste contexto, o presente estudo possibilita um melhor conhecimento do desempenho ambiental da agricultura de regadio em Portugal.

Para tal, é efetuada uma análise integrada, numa perspetiva de **avaliação** das **externalidades positivas e negativas**. Uma apreciação global, incluindo todos os temas analisados, permite-nos afirmar que, em face do cenário alternativo, a produção agrícola em regadio em Portugal permite a existência de externalidades positivas.

Foi possível a quantificação, por tonelada de produto agrícola (ou hectare, no caso das pastagens) das externalidades para as categorias de ocupação de área, balanço de nutrientes, utilização de recursos hídricos, lixiviação potencial, impacto no clima global, consumo de energia primária e produção de energia hidroelétrica. Para as restantes categorias, a análise foi sobretudo qualitativa e recorrendo a casos de estudo documentados.

Comparativamente aos cenários alternativos (importação ou sequeiro), em geral, a produção em regadio português apresenta produtividades mais elevadas, permitindo uma libertação de área que idealmente poderá ser usada para conservação da natureza. Relativamente a questões associadas ao uso intensivo de fertilizantes, não são assinalados problemas generalizados de poluição potencial das massas de água. Em contraposição com a agricultura de sequeiro, o maior controlo dos períodos de rega, associada a uma correta gestão desta atividade, pode permitir uma diminuição da lixiviação. Em termos de utilização de água, para ano médio, a escassez de água não constitui um problema. Contudo, o mesmo não é verdade para ano seco. Comparativamente à importação, a produção nacional tem associado um menor transporte de produtos, e portanto um menor impacto em termos de emissão de gases com efeito de estufa e consumo energético. Um sumário dos resultados é apresentado na Tabela 23.

Não se verificou possível uma conclusão relativa à natureza das externalidades para os sub-temas balanço de nutrientes do solo, utilização do recurso, lixiviação potencial, qualidade dos recursos hídricos, clima regional e alteração de habitats.

O regadio nacional apresenta externalidades estritamente positivas para as categorias de emissão de gases com efeito de estufa e consumo de energia, sendo de salientar o impacto que o transporte internacional possui neste âmbito. Para a avaliação das externalidades associadas à energia é também relevante a produção hidroelétrica. Para os restantes sub-temas analisados, de salientar a existência de culturas em que as externalidades são positivas e outras em que as mesmas são negativas.

Tabela 23. Sumário dos resultados para as externalidades avaliadas

Tema	Sub-tema	Apreciação global	Sumário dos resultados
Solo	Ocupação de área	√/ X	A produção em regadio nacional permite uma poupança de área global para as culturas de arroz, milho, brócolo, laranja e pastagem. Assim, em termos globais trata-se de uma externalidade positiva que terá particular importância para países exportadores dotados de áreas naturais relevantes.
	Balanço de nutrientes do solo	?	Um conhecimento prático do sistema de regadio nacional indica que a introdução de fertilizantes deverá corresponder às necessidades das plantas, não sendo desejado um uso nem deficiente nem exagerado de fertilizante. Para a produção nos países exportadores, embora na atualidade as áreas fertilizadas possam ser baixas, é de esperar uma evolução no sentido do seu aumento. Uma avaliação quantitativa às culturas em análise mostra que para o arroz, milho e laranja, o cenário de regadio apresenta externalidades positivas. Para a cultura de olival não é indicada a depleção de nutrientes, embora o cenário contrafactual origine uma maior introdução de nutrientes. Para as pastagens ocorre uma introdução de azoto no solo para os dois cenários (mais elevada para o cenário contrafactual), sendo o regadio favorável em termos de fósforo.
	Ocorrência de salinização	√/ X	A contribuição da prática agrícola de regadio para a salinização do solo pode ser positiva ou negativa (externalidade positiva ou negativa). Por um lado, as práticas continuadas de rega, associadas à adição de fertilizantes, podem contribuir para o aumento da quantidade de sais no solo. Por outro lado, os terrenos alagados, como o que sucede para a cultura de arroz, podem impedir o avanço da cunha salina.
Água	Utilização do recurso	?	Em termos de quantificação do uso de água, não se verificou possível uma conclusão para os cenários definidos. Uma apreciação nacional indica que, embora o setor agrícola seja o principal responsável pelo uso de água, têm sido feitos esforços significativos no sentido de aumentar a eficiência de utilização do recurso. Em termos de quantidade de água disponível, os Planos de Gestão de Região Hidrográfica indicam que, para um ano médio, o balanço hídrico é positivo. Contudo, para anos secos, problemas associados à escassez de água precisam ser levados em conta.
	Lixiviação potencial	?	Para a lixiviação potencial de azoto a melhor estimativa corresponde ao balanço de nutrientes. Para a lixiviação potencial de fósforo, na generalidade (exceto para o milho) o regadio nacional ou é favorável (externalidade positiva) ou equivalente ao cenário contrafactual.
	Qualidade dos recursos hídricos	?	Existem problemas pontuais de qualidade dos recursos hídricos, não sendo uma questão generalizada. Para esta poluição contribuem vários setores, não sendo possível quantificar o impacto agrícola e consequentes externalidades.
Atmosfera	Impacto no clima regional	?	A presença de albufeiras e zonas irrigadas terá, potencialmente, impacto em termos de clima regional. O impacto depende das características do empreendimento, não sendo aqui possível efetuar uma avaliação das externalidades existentes.
	Impacto no clima global	√	A produção em regadio nacional permite a existência de externalidades positivas para todas as culturas analisadas. A contribuir para este resultado é de salientar a importância do transporte associado à importação.

Tema	Sub-tema	Apreciação global	Sumário dos resultados
Energia	Consumo de energia primária	✓	A produção em regadio nacional apresenta externalidades positivas para as culturas de arroz, milho, tomate, laranja e brócolo. De salientar a influência que o transporte internacional possui nos resultados. Para as culturas de olival e pastagens o regadio tem associado a ocorrência de externalidades negativas.
	Produção hidroelétrica	✓	É possível concluir que a produção de energia hidrelétrica que ocorre nos aproveitamentos hidroagrícolas constitui uma externalidade positiva largamente capaz de suprir as necessidade energéticas das estações elevatórias.
Biodiversidade	Alteração de habitats	?	Os principais conflitos entre o regadio e a biodiversidade em Portugal têm-se verificado desde logo no plano do ordenamento, nomeadamente quando implicam a sobreposição de áreas onde se cruzam expectativas de produção agrícola e a proteção do território. Contudo, é possível a implementação de acordos envolvendo instituições públicas, proprietários agrícolas e organizações não-governamentais. Promove-se assim a compatibilização entre a construção e utilização da infraestrutura, com a salvaguarda dos interesses de conservação das aves estepárias existentes e as expectativas dos agricultores envolvidos.
	Estabelecimento de caudais ecológicos	✓/X	A implantação de infraestruturas, como são as barragens, tem impacto direto na fauna e flora das áreas ribeirinhas, nas comunidades faunísticas dos cursos de água por via da transformação de sistemas lóticos em sistemas lênticos e da alteração dos regimes de caudal ecológico. Contudo, o impacto pode ser minimizado ou eliminado através de medidas prévias/profiláticas que contemplem a caracterização do estado de referência, o estabelecimento do caudal ecológico e de um adequado programa de monitorização.

Para os sub-temas ocupação de área, impacto no clima global e consumo de energia primário verificou-se possível uma quantificação do impacto ambiental total, para as áreas reportadas pelo INE como regadas para o ano de 2009 (ver Tabela 24).

Tabela 24. Externalidades totais considerando valores de produção para 2008 e 2009

Tema	Sub-tema	Externalidade		
		"2009"	Unidade	Apreciação global
Solo	Ocupação de área	~ -44 000	ha	✓
Atmosfera	Impacto no clima global	~ -220 000	t CO _{2eq.}	✓
Energia	Consumo de energia primária	~ -2 400 000	GJ	✓

"2009" refere-se ao cálculo de externalidades considerando a área total regada para o ano de 2009.

Os resultados indicam que, para o sub-tema ocupação de área, a produção nacional em regadio permite a libertação de área global. Contudo, de notar que quer para o cenário de regadio quer para o contrafactual não é considerada a área ocupada pelas albufeiras, nem a respectiva retenção de sedimentos. No cenário mais conservador, considerando a não existência de albufeiras nos países exportadores e considerando para Portugal toda a área de albufeira com uso agrícola (ver Anexo III), o cenário de regadio continua a ser favorável. A área total das albufeiras consideradas, ao nível de pleno armazenamento, é de cerca de 50000 ha, o que corresponde a cerca de 41000 ha se for alocada a mesma percentagem de procura de água pelo sector agrícola. Trata-se assim de uma conclusão forte a de que a produção em regadio nacional permite a libertação de área global.

Relativamente à emissão de gases com efeito de estufa e ao consumo de energia primária, os valores apresentados são conservadores uma vez que excluem culturas para as quais tem lugar incerteza acerca da área, ou para as quais a balança comercial não está de acordo com os pressupostos assumidos. Assim é possível afirmar, inequivocamente, a existência de uma externalidade positiva. Ao produzir em regadio nacional é evitado, não só a emissão de GEE, como também o consumo de energia primária.

Em conclusão, uma apreciação global incluindo todos os temas analisados permite-nos afirmar que, em face do cenário alternativo, a produção agrícola em regadio português permite a existência de externalidades positivas. Tal não pode invalidar a necessidade de desenvolvimento e aplicação de projetos que permitam minimizar as externalidades negativas e potenciar as externalidades positivas, e que na presença, de valores ambientais únicos, seja condicionado o recurso a esta técnica agrícola. De notar que os avanços recentes no uso eficiente dos fatores de produção, decorrentes da aplicação prática do conhecimento científico e da monitorização de precisão ao nível do uso de água, fertilizantes e fitofármacos, e as preocupações ambientais que os agricultores começam a incorporar na sua conduta, de que são exemplo a manutenção de faixas e mosaicos de proteção da biodiversidade e as energias renováveis, são uma garantia suplementar de que o regadio pode, num futuro próximo, melhorar ainda mais a sua performance ambiental.

Com este estudo complementa-se o conhecimento sobre este sistema de produção introduzindo a componente ambiental como um pilar essencial na análise da sua eficiência e de fortalecimento da sua relevância.

Portugal está neste momento a atravessar um período determinante para o seu futuro em termos agrícolas, ao estar a ser negociado o quadro institucional que irá regular e financiar a agricultura portuguesa durante o próximo período de compromisso 2014-2020.

Os objetivos da Política Agrícola Comum - PAC para o período 2014-2020: Produção Agrícola Viável, Gestão Sustentável dos Recursos Naturais e do Clima e Desenvolvimento Rural Integrado, pretendem substituir o atual modelo histórico de repartição dos pagamentos diretos aos produtores do 1º Pilar da PAC por um novo modelo que, através de um processo de convergência, entre Estados-Membros e dentro de cada Estado-Membro, garanta uma uniformização dos apoios por hectare de superfície agrícola e uma maior legitimidade ambiental e social dos apoios diretos do 1º Pilar, introduzindo novos pagamentos de natureza territorial e ambiental.

Esta nova realidade representa uma mudança de paradigma, à vertente de produção, junta-se a importância territorial e ambiental, com vista ao reforço da agricultura, num quadro macroeconómico, com riscos empresariais e ambientais acrescidos, que geram compressão de margens, quer por via do aumento dos preços dos fatores quer pela diferença de poder negocial entre uma produção pulverizada e uma indústria/distribuição cada vez mais concentrada.

Precisamos em Portugal de uma agricultura forte, na qual o regadio tem um papel determinante, vital para o desempenho da nossa indústria alimentar e para segurança alimentar nacional, que garanta os objetivos climáticos e energéticos ambiciosos que pretendemos atingir, salvaguardando a biodiversidade dos nossos territórios num quadro em que os preços de mercado ainda não refletem o fornecimento de bens públicos que a agricultura proporciona.

O presente estudo constitui uma base para uma discussão alargada das medidas de política que permitam atingir estes objetivos, simultaneamente garantindo os objetivos da PAC 2014-2020 e reforçando a posição do regadio no panorama da agricultura nacional.

6. Referências

Alcazar, R. (1998). Impactos da Agricultura nas Lagoas Temporárias do Parque Natural do Sudoeste Alentejano - Tese de Licenciatura. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Alves, M.H., Bernardo, J.M. (1998). Novas perspectivas para a determinação do caudal ecológico em regiões semiáridas. Seminário sobre Barragens e Ambiente. Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens, Porto.

APA (2012a). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Implementação 2012-2020. Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora.

APA (2012b). Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2009. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Portuguese Environmental Agency (APA), Amadora.

ASAE (American Society of Agricultural Engineers/Sociedade Americana de Engenheiros Agrónomos) (2005). ASAE D384.2 MAR2005: Manure Production and Characteristics. ASAE, http://evo31.ae.iastate.edu/ifafs/doc/pdf/ASAE_D384.2.pdf (consultado: Outubro 2012)

Azad, A. S., Ancev, T. (2010). Using ecological indices to measure economic and environmental performance of irrigated agriculture. *Ecological Economics* 69, 1731-1739.

Baião, E.A.M., Perez, J.R.O., Baião, A.A.F., Geraseev, L.C., Teixeira, J.C. (2003). Composição corporal e exigências nutricionais de Cálcio e Fósforo para ganho em peso de cordeiros. *Ciências Agrotécnicas* 27(6).

Bartolini, F., Bazzani, G. M., Gallerani, V., Raggi, M., Viaggi, D. (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: Na analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural Systems* 93, 90-114.

Baur, B., Cremene, C., Groza, G., Rakosy, L., Schileyko, A.A., Baur, A., Stoll, P., Erhardt, A. (2006). Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biological Conservation* 132, 261-273.

Bazzani, G. M., Di Pasquale, S., Gallerani, V., Morganti, S., Raggi, M., Viaggi, D. (2005). The sustainability of irrigated agriculture under the Water Framework Directive: first results. *Environmental Modelling & Software* 20, 165-175.

Beja, P. (2010). Lagoas temporárias, anfíbios e insucesso da conservação em Rede Natura 2000. Conferência internacional sobre Ecologia e Conservação de Anfíbios, Lisboa.

Bernardo, J.M., Matos, J., Curto, A.F., Matono, P., Mendes, S., Sousa, L., Costa, A.M., Mendes, M.P., Ribeiro, L., Martins, J.P., Alves, M.H. (2007). Caracterização do estado de referência, estabelecimento do caudal ecológico e de

monitorização da ribeira do Almansor – Relatório Final. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.

Canha, P., Pinto-Cruz, C. (2010). Plano de Gestão de Charcos Temporários Mediterrânicos no Concelho de Odemira. Edição de Autor. ISBN 978-972-778-111-9. Odemira. Edição de Autor. ISBN 978-972-778-111-9

Cano, M. (2002). Presentación del Estuario del Guadalquivir. Foros de Deltas del Mediterráneo.

Carneiro, J.P., Freixial, R.C., Pereira, J.S., Campos, A.C., Crespo, J.P., Carneiro, R. (Eds.) (2005). Relatório Final do Projecto AGRO 87 (“Final Report of the Agro 87 Project”, in Portuguese). Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, Universidade de Évora, Instituto Superior de Agronomia, Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, Fertiprado, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva.

Coelho, P. S., Reis, P. (ed.) (2011). Agrorural. Contributos científicos. Instituto Nacional de Recursos Biológicos I. P. e Imprensa Nacional-Casa da Moeda, S. A., Lisboa.

Comissão Europeia (2003). Situação da Agricultura em Portugal. Documento de trabalho DG AGRI.

Direcção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola (1980). Projecto da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira. Resultados das investigações efectuadas nos campos experimentais de drenagem e dessalinização no período de Setembro de 1976 – Julho de 1980.

EEA (2012). Towards efficient use of water resources in Europe. European Environmental Agency, Copenhagen.

EEA (2005). The European environment – State and Outlook 2005 (Vol. n. 1190). European Environmental Agency, Copenhagen.

EEA (2009). Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought. European Environmental Agency, Copenhagen.

European Commission (2009). Common Implementation Strategy For the Water Framework Directive. Guidance Document No. 18. Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment. Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg.

Fábregues, C. (2002). Presentación del Delta del Ebro. Foros de Deltas del Mediterráneo.

Federação Nacional de Regantes de Portugal, Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorria (2011). Reutilização de efluentes tratados provenientes de ETAR/ETARI no perímetro de rega de uma bacia hidrográfica. Caso de estudo da obra de rega do Vale do Sorraia, Coruche.

Forteza, J. P. (2002). Presentación de la Albufera de Valencia. Foros de Deltas del Mediterráneo.

GPP (2012). Programa de desenvolvimento rural 2014-2020. Documento de Orientação. Gabinete de Planeamento e Políticas, Lisboa.

Green, R.E., Cornell, S.J., Scharlemann, J.P.W., Balmford, A. (2005). Farming and the Fate of Wild Nature. Science 307, 550-555.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual-Setting the Global Standard. Earthscan, London.

Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Lexer, W., Möller, A., Rickson, R.J., Shishkov, T., Stephens, M., Toth, G., Van den Akker, J.J.H., Varallyay, G., Verheijen, F.G.A, Jones, A.R. (eds.) (2008). Environmental Assessment of Soil for Monitoring. Volume I: Indicators & Criteria. EUR 23490 EN/1. Office for official publication of the European Communities, Luxembourg.

IFA, IFDC, IPI, PPI, FAO (2002). Fertilizer Use by Crop. FAO, Rome.

INAG (2002). Plano Nacional da Água. Instituto da Água I. P., Lisboa.

INE (2011). Recenseamento Agrícola 2009 – Análise dos principais resultados. Instituto Nacional de Estatística. I. P., Lisboa.

INE (2012). Estatísticas do Ambiente 2011. Instituto Nacional de Estatística. I. P., Lisboa.

IPCC (2006). Agriculture, Forestry and Other Land Use. Volume 4. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jackson, T. M., Hanjra, M. A., Khan, S., Hafeez, M. M. (2011). Building a climate resilient farm: A risk based approach for understanding water, energy and emissions in irrigated agriculture. *Agricultural Systems* 104, 729-745.

Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C., Dewitte, O., Gardi, C., Erhard, M., Hervás, J., Hiederer, R., Jeffery, S., Lükewille, A., Marmo, L., Montanarella, L., Olazábal, C., Petersen, J.-E., Penizek, V., Strassburger, T., Tóth, G., Van Den Eeckhaut, M., Van Liedekerke, M., Verheijen, F., Viestova, E., Ygini, Y. (2012) The State of Soil in Europe. EEA/JRC. Report EUR 25186 EN. Office for official publication of the European Communities, Luxembourg.

Lousada, S. (2010). Impactes das áreas de rega e da Barragem do Alqueva nas temperaturas regionais: evidências no Sul da Península Ibérica. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho.

Martínez-Fernández, J., Esteve-Selma, M. A., Baños-González, I., Carreño, F., Moreno, A. (2013). Sustainability of Mediterranean irrigated agro-landscapes. *Ecological Modelling* 248, 11-19.

Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G., Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277 (5325), 504-509.

Mekonnen, M., Hoekstra, A. (2010). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. UNESCO-IHE Institute for Water Education, The Netherlands.

Miranda, P., Abreu, F. Salgado, R. (1995). Estudo de impacte ambiental do Alqueva – Clima – Relatório Final. Universidade de Lisboa, Lisboa.

Mosier, A., Kroeze, C., Nevison, C., Oenema, O., Seitzinger S., van Cleemput, O. (1998). Closing the global N₂O budget: Nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient Cycle Agroecosystems* 52, 225-248

Moxey, A. (2012). Agriculture and water quality: monetary costs and benefits across OECD countries. Organization for Economic Co-operation and Development.

Nunes, J.M., Coelho, J.P., López-Piñero, A., Dias, S., Rasquilha, M.P. (2005) Impacte da prática continuada do regadio na salinização do solo. In Actas 1º Congresso Nacional de Rega e Drenagem. COTR, Beja.

Nunes, J.M., López-Piñero, A., Coelho, J.P., Dias, S., Silva, C., Trigueros, J.P., Muñoz, A. (2009). Efeito da prática continuada do regadio sobre o complexo de troca do solo. Revista de Ciências Agrárias 32 (1).

OCDE (2006). Water and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies. Conclusions and Recommendations.

OCDE, EUROSTAT (2007). Gross Nitrogen Balances. Handbook. OCDE, <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainableagriculture/40820234.pdf> (consultado: Outubro 2012)

Pereira, H.M., Daily, G.C. (2006). Modeling biodiversity dynamics in countryside landscapes. Ecology 87, 1877-1885.

Proença, V., Queiroz, C.F., Araújo, M., Pereira, H.M. (2009). Biodiversidade, in: Pereira, H.M., Domingos, T., Vicente, L., Proença, V. (Eds.), Ecosistemas e Bem-Estar Humano - Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment. Escolar Editora, Lisboa, pp. 127-179.

Rosas, C., Teixeira, R., Mendes, A.C., Valada, T., Sequeira, E., Teixeira, C., Domingos, T. (2009). Agricultura, in: Pereira, H.M., Domingos, T., Vicente, L., Proença, V. (Eds.), Ecosistemas e Bem-Estar Humano - Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment. Escolar Editora, Lisboa, pp. 213-249.

Santos, J., Pardal, M., (2012). A qualidade da água superficial no Baixo Mondego. IV Congresso de Rega e Drenagem.

Silva, F. (2012). Agricultura: o grande utilizador de água em Portugal – Realidades e desafios. In Boletim Informativo nº145 da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.

SCBD (2006). Global Biodiversity Outlook 2. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

Teixeira, R. (2010). Sustainable Land Uses and Carbon Sequestration: The Case of Sown Biodiverse Permanent Pastures Rich in Legumes. Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

van der Werf, H. M. G. (2004). Life Cycle Analysis of Field Production of Fibre Hemp, the Effect of Production Practices on Environmental Impacts. Euphytica 140, 13-23.

Anexo I Aproveitamentos hidroagrícolas associados da FENAREG

Tabela 25. Aproveitamentos hidroagrícolas associados da FENAREG.

Aproveitamento hidroagrícola	Localização Distritos (concelhos)	Bacia Hidrográfica	Objectivo	Ocupação cultural	Origem da água	Linha de água	Barragem/ Açude
Alvor	Faro (Lagos e Portimão)	Ribeiras do Algarve	Agricultura e abastecimento urbano	Pomares, milho e hortícolas	Superficial	Ribeira de Odeáxere	Bravura
Caia	Portalegre (Eivas e Campo Maior)	Guadiana	Agricultura, abastecimento urbano, abastecimento à indústria e produção de energia elétrica	Milho, trigo e girassol	Superficial	Rio Caia	Caia
Campilhas e Alto Sado	Setúbal e Beja (Santiago do Cacém, Odemira e Ourique)	Sado	Agricultura, abastecimento público, abatimento de pontas de cheia e produção de energia elétrica	Arroz, milho, tomate e girassol	Superficial	Ribeira do Campilhas, Rio Sado, Ribeira do Vale Diogo, Barranco do Monte Gato, Ribeira de Miguéis	Campilhas, Monte da Rocha, Fonte Serne, Monte Gato, Miguéis
Divor	Évora (Arraiolos)	Tejo	Agricultura	Trigo, milho e girassol	Superficial	Ribeira do Divor	Divôr
Idanha a Nova	Castelo Branco (Castelo Branco e Idanha-a-Nova)	Tejo	Rega e produção de energia elétrica	Milho, tabaco, prados, forragens e girassol	Superficial	Rio Ponsul	Idanha
Lucefecit	Évora (Alandroal)	Guadiana	Agricultura	Milho, girassol, prados e forragens	Superficial	Ribeira de Lucefecit	Lucefecit
Minutos	Évora (Montemor-o-Novo)	Tejo	Agricultura	Forragens (milho e sorgo), vinha e olival	Superficial	Ribeira de Almansor	Minutos

Aproveitamento hidroagrícola	Localização Distritos (concelhos)	Bacia Hidrográfica	Objectivo	Ocupação cultural	Origem da água	Linha de água	Barragem/ Açude
Mira	Beja e Faro (Odemira e Aljezur)	Mira	Agricultura, abastecimento urbano, abastecimento à indústria, controle de cheias e produção de energia elétrica	Milho, hortícolas e arroz	Superficial	Rio Mira	Santa Clara
Baixo Mondego	Coimbra (Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Montemor-o-Velho, Soure, Cantanhede e Pombal)	Rio Mondego	Regularização fluvial, defesa contra cheias, enxugo, rega, emparcelamento, produção de energia e recreio.	Arroz, milho e hortícolas	Superficial	Rio Mondego, Rio Alva	Aguieira, Raiva, Fronhas, Açude-Ponte de Coimbra
Odivelas	Beja e Setúbal (Ferreira do Alentejo, Grândola e Alcácer do Sal)	Rio Sado	Agricultura e abastecimento público	Olival, milho, arroz, prados e forragens	Superficial	Ribeira de Odivelas	Odivelas, Alvito
Roxo	Beja e Setúbal (Aljustrel, S. João de Negrilhos, Ferreira do Alentejo e Alvalade)	Rio Sado	Agricultura, fornecimento à indústria e abastecimento urbano	Olival, milho, arroz e tomate	Superficial	Ribeira do Roxo	Roxo
Vale do Sado	Setúbal (Alcácer do Sal)	Rio Sado	Agricultura, fornecimento à indústria e produção de energia elétrica	Arroz, sorgo, milho e pomar	Superficial	Ribeira de Santa Catarina, Ribeira do Xarrama	Pego do Altar, Vale do Gaió
Silves, Lagoa e Portimão	Faro (Silves, Lagoa e Portimão)	Ribeiras do Algarve	Agricultura e fornecimento à indústria	Pomar e arroz	Superficial	Ribeira do Arade	Arade
Vale do Sorraia e Paúl de Magos	Portalegre, Évora e Santarém (Ponte de Sôr, Avis, Mora, Coruche, Benavente e Salvaterra de Magos)	Rio Tejo	Agricultura e fornecimento à indústria	Arroz, milho, tomate, prados e forragens	Superficial	Ribeira de Magos, Ribeira de Sôr, Ribeira da Raia, Ribeira da Seda	Magos, Montargil, Maranhão, Açude do Gameiro, Açude do Furadouro
Sotavento do Algarve	Faro (Castro Marim, Tavira, Vila Real de Santo António, Olhão)	Rio Guadiana	Agricultura e abastecimento urbano	Citrinos, vinha, frutos secos e hortícolas	Superficial	Ribeira de Beliche, Ribeira de Odeleite	Beliche, Odeleite,
Vigia	Évora (Évora e Redondo)	Rio Guadiana	Agricultura e abastecimento urbano	Trigo, milho e girassol	Superficial	Ribeira do Vale de Vasco	Vigia
Lezíria Grande de Vila Franca de Xira	Lisboa (Vila Franca de Xira e Azambuja)	Rio Tejo	Agricultura, proteção contra as cheias e efeitos de marés	Arroz, milho, tomate e melão	Superficial	Rio Tejo e Rio Sorraia	-

Aproveitamento hidroagrícola	Localização Distritos (concelhos)	Bacia Hidrográfica	Objectivo	Ocupação cultural	Origem da água	Linha de água	Barragem/ Açude
Vale do Lis	Leiria (Leiria e Marinha Grande)	Rio Lis	Agricultura	Milho, prados e forragens, hortícolas e pomar	Superficial	Rio Lis	Açudes: 26
Cela	Leiria (Nazaré e Alcobaça)	Ribeiras do Oeste	Agricultura	Hortícolas, pomares, prados e forragem	Superficial	Rio Alcôa	
Xévora	Portalegre (Campo Maior)	Rio Guadiana	Agricultura	Sem informação	Superficial	Ribeira do Abrilongo	Abrilongo
Freixeirinha (Lavre)	Évora (Montemor-o-Novo)	Rio Tejo	Agricultura	Sem informação	Superficial	Ribeira da Freixeirinha	Freixeirinha
Subsistema Ardila	Moura e Serpa (Pias e Brinches)	Rio Guadiana	Agricultura, produção de energia elétrica	Sem informação	Superficial	Ribeira de Pias, Barranco das Amoreiras, Barranco dos Caliços, Barranco de Santa Luzia, Ribeira do Enxoé, Barranco da Lage, Ribeira de Brenhas	Pedrogão
Alvega	Santarém (Abrantes)	Rio Tejo	Agricultura	Milho, hortícolas, pomares e girassol	Superficial	Rio Tejo	
Marvão - Apartadura	Portalegre (Marvão)	Rio Tejo	Agricultura e abastecimento das populações	Hortícolas, forrageiras	Superficial	Ribeira de Reveladas	

Fonte: sir.dgadr.pt (consultado em Outubro de 2012)

Anexo II Descrição das culturas

All.1. Folhas de cultura

As folhas de cultura aqui consideradas têm, sempre que possível, por base aquelas disponibilizadas publicamente pelo Gabinete de Planeamento e Políticas (<http://www.gpp.pt/publicacoes.html>, consultado em Outubro de 2012) Caso não seja essa a origem base, é indicada qual a origem.

Olival tradicional (excl. pastagem)

REGIÃO	ACTIVIDADE	PRODUÇÃO	kg/ha	euro/kg	Ano	Área (m ²)	Distância Assento Lavoura (m)	Nº Meses de Actividade	Tx. Juro Capital Circulante	CÓDIGO
RO, ALE	OLIVAL AZEITE Sequeiro Compasso 10 x 10	Produto Principal	976		1997	10 000	1 000	12	1,5%	OLA 7
		Produto Secundário	0	0,00						TIPO REGA

(unidade monetária: euro)

CALENDRÁRIO DE OPERAÇÕES				MÃO DE OBRA				MÁQUINAS				CONSUMOS INTERMÉDIOS								
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	Data de realização	Nº de vezes	ESPECIALIZADA		NÃO ESPECIALIZADA		AUTOMOTRIZES+ ALFAIAS			OUTRAS			Designação	Quantidade	Custo				
				Tractorista		Outra		Homem		Mulher	Custo Variável	Custo Fixo					Custo Variável	Custo Fixo		
				horas	Custo	horas	Custo	horas	Custo	horas		Custo	horas					Custo	Total	Amort.
Podar manual		Mar	0,2		6,4	16,41			3,2	6,22										
Ad. Fundo+ Desinfecção solo	Tr.70cv+ Distribuidor Centrifugo 600 l. (montado)	Mai	1	0,6	1,44						0,6	3,83	4,48	4,13						
Transporte de Adubo	Tr.70cv+ Reboque 6.0t	Mai	1	0,3	0,77						0,3	2,43	2,01	1,86						
Gradagem	Tr.70cv+ Grade Discos off-set 28D-24"	Mai	1	0,9	2,40						0,9	6,39	5,65	5,21						
Gradagem	Tr.70cv+ Grade Discos off-set 28D-24"	Nov	1	0,9	2,40						0,9	6,39	5,65	5,21						
Colheita manual		Dez	1			33,4	71,57	66,7	129,82											
Transporte	Tr.70cv+ Reboque 6.0t	Dez	1	0,3	0,77						0,3	2,43	2,01	1,86						
TOTAL				3,0	7,77	6,4	16,41	33,4	71,57	69,9	136,04	3,0	21,48	19,79	18,25			34,52		
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)

FERTILIZAÇÃO e CORREÇÃO	unidades/ha	RESULTADOS ECONÓMICOS DA ACTIVIDADE										
N	20	MÃO DE OBRA	MÁQUINAS (CUSTO FIXO)		CONSUMOS INTERMÉDIOS + CUSTOS VARIÁVEIS MÁQUINAS	JUROS DO CAPITAL CIRCULANTE	GASTOS GERAIS	CUSTO DE INSTALAÇÃO ANUALIZADO	RENDA	CUSTO TOTAL	VALOR DA PRODUÇÃO	RENDIMENTO SEM AJUDAS
P	20		Total	Amortizações								
K	20	231.79	19.79	18.25	56.00	0.42	1.73		51.87	361.60	404.60	42.99
Estirume (Kg)		(2+4+6+8)	(11+15)	(12+16)	(10+14+17)	$[(10+14+17) \times \text{n}^\circ \text{ de meses} / 2] \times \text{taxa juro} / 12$	(17x5%)			$(2+4+6+8+10+11+14+15+17) + \text{Juros do capital circulante} + \text{gastos gerais} + \text{custo de instalação anualizado} + \text{renda}$	Produto principal (unidades x preço) + Produto secundário (unidades x preço)	Valor da produção - Custo total
Calcário (kg)												
UTA	0,051											

Valores a vermelho indicam uma conversão do valor de massa do azeite para massa de azeitona tendo em conta uma densidade do azeite de 0,9166 kg/l e uma produtividade de 0,16 l de azeite/kg de azeitona. Valores obtidos de INE (2011).

REGIÃO	ACTIVIDADE	PRODUÇÃO	QN/ha	euro/kg	Ano	Área (m ²)	Distância Assento Lavoura (m)	Nº Meses de Actividade	Tx. Juro Capital Circulante	CÓDIGO											
Portugal	Pastagem permanente semeada biodiversa rica em legumi	Cabeças normais	1.7		10 000	1 000	12	1.5%	PPSBRL												
TIPO REGA																					

(unidade monetária: euro)																					
CALENDÁRIO DE OPERAÇÕES				MÃO DE OBRA						MÁQUINAS						CONSUMOS INTERMÉDIOS					
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	Data de realização	Nº de vezes	ESPECIALIZADA		NÃO ESPECIALIZADA				AUTOMOTRIZES + ALFAIAS			OUTRAS			Designação	Quantidade	Custo			
				Tractorista	Outra	Homem		Mulher		horas	Custo Variável	Custo Fixo	Amort.	horas	Custo Variável				Custo Fixo	Amort.	
						horas	Custo	horas	Custo												horas
Gradagem Rolling Fertilização de cobertura Sementeira			0.2 0.1 1 0.1															Superfosfato 11	200.0		
Transporte fertilizantes			1															Calcário dolomítico (t) Brax (kg) Sulfato de Zinco	0.2 1.0 1.0		
TOTAL				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)		(17)

FERTILIZAÇÃO e CORRECÇÃO	unidades/ha	RESULTADOS ECONÓMICOS DA ACTIVIDADE										
N		MÃO DE OBRA	MÁQUINAS (CUSTO FIXO)		CONSUMOS INTERMÉDIOS + CUSTOS VARIÁVEIS MÁQUINAS	JUROS DO CAPITAL CIRCULANTE	GASTOS GERAIS	CUSTO DE INSTALAÇÃO ANUALIZADO	RENDA	CUSTO TOTAL	VALOR DA PRODUÇÃO	RENDIMENTO SEM AJUDAS
P	36		Total	Amortizações								
K												
Estrume (Kg)												
Calcário (Kg)	200											
UTA												

Fonte: Teixeira (2010)

Pastagens naturais

REGIÃO	ACTIVIDADE	PRODUÇÃO	CN/ha	euro/kg	Ano	Área (m ²)	Distância Assento Lavoura (m)	Nº Meses de Actividade	Tx. Juro Capital Circulante	CÓDIGO
	Pastagem natural	Cabeças normais	0.35		10 000	1 000	12	1.5%		
	Sequeiro	Produto Secundário	0	0.00						
	Azevém x Trevo Subterrâneo									TIPO REGA

(unidade monetária: euro)

CALENDÁRIO DE OPERAÇÕES				MÃO DE OBRA								MÁQUINAS								CONSUMOS INTERMÉDIOS		
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	Data de realização	Nº de vezes	ESPECIALIZADA				NÃO ESPECIALIZADA				AUTOMOTRIZES + ALFAIAS				OUTRAS				Designação	Quantidade	Custo
				Tractorista		Outra		Homem		Mulher		Custo Variável	Custo Fixo		Custo Variável	Custo Fixo						
				horas	Custo	horas	Custo	horas	Custo	horas	Custo		horas	Amort.		horas	Amort.					
Gradagem			0.2																			
TOTAL				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)			(17)

FERTILIZAÇÃO e CORRECÇÃO	unidades/ha	RESULTADOS ECONÓMICOS DA ACTIVIDADE										
N		MÃO DE OBRA	MÁQUINAS (CUSTO FIXO)		CONSUMOS INTERMÉDIOS + CUSTOS VARIÁVEIS MÁQUINAS	JUROS DO CAPITAL CIRCULANTE	GASTOS GERAIS	CUSTO DE INSTALAÇÃO ANUALIZADO	RENDA	CUSTO TOTAL	VALOR DA PRODUÇÃO	RENDIMENTO SEM AJUDAS
P			Total	Amortizações								
K		(2+4+6+8)	(11+15)	(12+16)	(10+14+17)	$[(10+14+17) \times \text{nº de meses} / 2] \times \text{taxa juro} / 12$	(17x 5%)			$(2+4+6+8+10+11+14+15+17) + \text{juros do capital circulante} + \text{gastos gerais} + \text{custo de instalação anualizado} + \text{renda}$	Produto principal (unidades x preço) + Produto secundário (unidades x preço)	Valor da produção - Custo total
Est. rume (Kg)												
Calcário (kg)												
UTA												

Fonte: Teixeira (2010)

Arroz

REGIÃO	ACTIVIDADE	PRODUÇÃO	kg/ha	euro/kg	Ano	Área (m ²)	Distância Assento Lavoura (m)	Nº Meses de Actividade	Tx. Juro Capital Circulante	CÓDIGO										
RO	ARROZ Rega por alagamento, rega por gravidade Nivelamento Laser/Sementeira Linhas	Produto Principal	6 500	0.31	10 000	1 000	7	1.5%	ARR 5											
		Produto Secundário	0	0.00						TIPO REGA 1 C										
(unidade monetária: euro)																				
CALENDRÁRIO DE OPERAÇÕES				MÃO DE OBRA				MÁQUINAS				CONSUMOS INTERMÉDIOS								
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	Data de realização	Nº de vezes	ESPECIALIZADA		NÃO ESPECIALIZADA		AUTOMOTRIZES + ALFAIAS		OUTRAS		Designação	Quantidade	Custo						
				Tractorista	Outra	Homem	Mulher	horas	Custo Variável	Custo Fixo					horas	Custo Variável	Custo Fixo			
										horas	Custo						horas	Custo	Total	Amort.
Lavoura	Tr. 90cv + Charrua de Arças 3F-14"	MAR	1	2.3	6.59			2.3	22.74	21.75	20.05	15-15-15 (kg)	400.0							
Adução de Fundo	Tr. 70cv + Distribuidor Centrifugo 600 l. (montado)	MAR	1	0.6	1.63			0.6	3.83	4.48	4.13	Nivelamento laser alugado (preços B.M)	2.0	79.81						
Gradagem	Tr. 90cv + Grade Discos 22D-22"	MAR	2	2.1	5.97			2.1	25.78	27.73	25.57	(Arv) Arroz (kg)	200.0							
Nivelamento	Nivelamento laser alugado (preços B.Mondego)	MAR	1									Molinato 7.5% (kg)	50.0	76.07						
Sementeira	Tr. 70cv + Semeador Fertilizador p/ cereais out. (C)	ABR	1	0.8	2.27			0.8	12.77	20.55	18.95	Água (m3)	15 000.0							
Transporte da semente	Tr. 70cv + Reboque 6.0t	ABR	1	0.3	0.87			0.3	2.43	2.01	1.86	Bispirbae-sódio (400g/l) (kg)	0.0							
Rega por Alagamento	Gravidade	ABR	1			30.0	68.98					Azmsulfúrio (50%) (kg)	0.0125							
Rega por Alagamento	Aluguer avião: líquidos (esc/ha)	MAI	1									Oxadazio (250g/l) (kg)	0.4							
												MCPA ácido de sal potássico 400g/l (l)	1.0							
Adução de Cobertura	Aluguer avião: sólidos (esc/kg)	JUN	1									Aluguer avião: li	1.0	17.05						
Transporte de Adução	Tr. 70cv + Reboque 6.0t	JUN	1	0.3	0.87			0.3	2.43	2.01	1.86	Ureia 46% (kg)	150.0	34.72						
Colheita	Ceif. debulhadora 105 cv (A)	SET	1	3.4	9.91			3.4	67.17	160.28	142.58	Aluguer avião: s	150.0	39.59						
Transporte até à Exploração	Tr. 70cv + Reboque 6.0t	SET	1	3.1	8.84			3.1	24.76	20.47	18.87									
TOTAL				12.8	36.95			54.0	124.17											
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)

FERTILIZAÇÃO e CORREÇÃO	unidades/ha	RESULTADOS ECONÓMICOS DA ACTIVIDADE										
N	129	MÃO DE OBRA	MÁQUINAS (CUSTO FIXO)		CONSUMOS INTERMÉDIOS + CUSTOS VARIÁVEIS MÁQUINAS	JUROS DO CAPITAL CIRCULANTE	GASTOS GERAIS	CUSTO DE INSTALAÇÃO ANUALIZADO	RENDA	CUSTO TOTAL	VALOR DA PRODUÇÃO	RENDIMENTO SEM AJUDAS
P	60		Total	Amortizações								
K	60	161.12	259.27	233.87					121.32	1344.37	1885.46	541.09
Estume (kg)		(2+4+6+8)	(11+15)	(12+16)	(10+14+17)	[(10+14+17) x nº de meses/2] x taxa juro / 12	(17x 5%)			(2+4+6+8+10+11+14+15+17) + juros do capital circulante + gastos gerais + custo de instalação anualizado + renda	Produto principal (unidades x preço) + Produto secundário (unidades x preço)	Valor da produção - Custo total
Calcário (kg)												
UTA	0.030											

Valores a vermelho indicam as correções efetuadas às folhas de cultura do GPP de 1997 para ter em conta mudanças nas práticas agrícolas que ocorreram desde então.

Milho

REGIÃO	ACTIVIDADE	PRODUÇÃO	kg/ha	euro/kg	Ano	Área (m ²)	Distância Assento Lavoura (m)	Nº Meses de Actividade	Tx. Juro Capital Circulante	CÓDIGO
RO	MILHO GRÃO HÍBRIDO Rega por pivot, bombagem eléctrica	Produto Principal	11 000	0.14	10 000	1 000	5	1.5%	MIL 16	
		Produto Secundário	0	0.00					TIPO REGA	
									8A	

(unidade monetária: euro)

CALENÁRIO DE OPERAÇÕES				MÃO DE OBRA								MÁQUINAS								CONSUMOS INTERMÉDIOS									
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	Data de realização	Nº de vezes	ESPECIALIZADA				NÃO ESPECIALIZADA				AUTOMOTRIZES + ALFAIAS				OUTRAS				Designação	Quantidade	Custo							
				Tractorista		Outra		Homem		Mulher		Custo Variável		Custo Fixo		Custo Variável		Custo Fixo											
				horas	Custo	horas	Custo	horas	Custo	horas	Custo	horas	Custo	Total	Amort.	horas	Custo	Total	Amort.										
Chisel	Tr. 120cv+ Chisel	ABR	1	2.3	6.59							2.3	22.74	21.75	20.05														
Gradagem	Tr. 90cv+ Grade Discos 22D-22"	ABR	2	2.1	5.97							2.1	25.78	27.73	25.57														
Transporte de Adubo	Tr. 70cv+ Reboque 6.0t	ABR	1	0.3	0.87							0.3	2.43	2.01	1.86														
Adubação de Fundo	Tr. 70cv+ Distribuidor Centrifugo 600 L (montado)	ABR	1	0.6	1.63							0.6	3.83	4.48	4.13														
Gradagem	Tr. 90cv+ Grade Discos 22D-22"	MAI	1	1.1	3.15							1.1	13.62	14.66	13.52														
Sementeira	Tr. 70cv+ Semeador Fertilizador Monogrão 4L	MAI	1	1.0	2.81			1.0	2.30			1.0	9.98	13.42	12.37														
Monda Química	Tr. 70cv+ Pulverizador convencional 600 L (montado)	MAI	1	0.9	2.59			2.0	4.60			0.9	7.02	7.87	7.25														
Tratamentos Fitossanitários	Tr. 70cv+ Pulverizador convencional 600 L (montado)	MAI	1	0.9	2.59							0.9	7.02	7.87	7.25														
Transporte de Adubo	Tr. 70cv+ Reboque 6.0t	JUN	1	0.3	0.87							0.3	2.43	2.01	1.86														
Sacha	Tr. 90cv+ Vibrocultor ligeiro 45D	JUN	1	0.7	1.89							0.7	6.17	7.45	6.87														
Rega	Centro pivot 10 - 20 ha (esc/ha)	MAI-SET	6					15.0	34.49									20.0	37.81	106.04	97.49								
Colheita	Cef debulhadora 105 cv (M)	SET	1	1.3	3.89							1.3	25.61	60.30	53.64														
Transporte da Produção	Tr. 70cv+ Reboque 6.0t	SET	1	1.5	4.22							1.5	11.81	9.76	9.00														
Secagem																													
TOTAL				12.8	37.06			18.0	41.39			12.8	138.45	179.29	163.37	20.0	37.81	106.04	97.49										
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)									(17)	

FERTILIZAÇÃO e CORRECÇÃO	unidades/ha	RESULTADOS ECONÓMICOS DA ACTIVIDADE										
N	163	MÃO DE OBRA	MÁQUINAS (CUSTO FIXO)		CONSUMOS INTERMÉDIOS + CUSTOS VARIÁVEIS MÁQUINAS	JUROS DO CAPITAL CIRCULANTE	GASTOS GERAIS	CUSTO DE INSTALAÇÃO ANUALIZADO	RENDA	CUSTO TOTAL	VALOR DA PRODUÇÃO	RENDIMENTO SEM AJUDAS
P	105		Total	Amortizações								
K	105	78.45	285.33	260.86	713.83	2.23	26.88		361.38	1468.09	1406.61	-61.48
Estirume (Kg)		(2+4+6+8)	(11+15)	(12+16)	(10+14+17)	$[(10+14+17) \times n^\circ \text{ de meses} / 2] \times \text{taxa juro} / 12$	(17x 5%)			(2+4+6+8+10+11+14+15+17) + juros do capital circulante + gastos gerais + custo de instalação anualizado + renda	Produto principal (unidades x preço) + Produto secundário (unidades x preço)	Valor da produção - Custo total
Calcário (kg)												
UTA	0.014											

Valores a vermelho indicam as correções efetuadas às folhas de cultura do GPP de 1997 para ter em conta mudanças nas práticas agrícolas que ocorreram desde então.

Laranja

REGIÃO	ACTIVIDADE	PRODUÇÃO	kg/ha	euro/kg	Ano	Área (m ²)	Distância Assento Lavoura (m)	Nº Meses de Actividade	Tx. Juro Capital Circulante	CÓDIGO
ALG	LARANJEIRA	Produto Principal	30 000			10 000		12		
		Produto Secundário	0	0.00						TIPO REGA

CALENDRÁRIO DE OPERAÇÕES				MÃO DE OBRA				MÁQUINAS				CONSUMOS INTERMÉDIOS			
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO	Data de realização	Nº de vezes	ESPECIALIZADA		NÃO ESPECIALIZADA		AUTOMOTRIZES + ALFAIAS		OUTRAS		Designação	Quantidade	Custo	
				Tractorista	Outra	Homem	Mulher	horas	Custo Variável	Custo Fixo	Custo Fixo				
				horas	Custo	horas	Custo	horas	Total	Amort.	horas				Total
Podar manual			1												
Fertilização			1									Fertilizantes	120.0		
Destroçar da lenha da poda			1									Sulfato de amónio (kg/ha)	30.0		
Manutenção do enrelvamento			1									Ácido fosfórico (kg/ha)	30.0		
Aplicação fitofármacos			7									Nitrato de potássio (kg/ha)	60.0		
Colheita			1									Fitofármacos (subs. activa)			
												Spirodifena (l calda)	1 500.0		
												Pimetroxina (l calda)	1 000.0		
												Pirproxifena (l calda)	1 500.0		
												Thiametoxame (l calda)	1 000.0		
												Lambda-cialotrina (l calda)	1 000.0		
												Cobre (hidróxido) (l calda)	1 000.0		
												Glfosato (l calda)	400/5l		
			TOTAL												

FERTILIZAÇÃO e CORREÇÃO	unidades/ha	RESULTADOS ECONÓMICOS DA ACTIVIDADE										
N		MÃO DE OBRA	MÁQUINAS (CUSTO FIXO)		CONSUMOS INTERMÉDIOS + CUSTOS VARIÁVEIS MÁQUINAS	JUROS DO CAPITAL CIRCULANTE	GASTOS GERAIS	CUSTO DE INSTALAÇÃO ANUALIZADO	RENDIDA	CUSTO TOTAL	VALOR DA PRODUÇÃO	RENDIMENTO SEM AJUDAS
P			Total	Amortizações								
K												
Estume (Kg)												
Calcário (kg)												
UTA												

Fonte: Associação de Regantes e Beneficiários de Silves, Lagoa e Portimão.

All.2. Sumário dos fatores de produção nacionais

Nesta secção são apresentados todos os fatores de produção agrícola relativos a culturas nacionais em regadio, bem como para elaboração do no cenário contrafactual. Esta informação é utilizada como base ao longo do estudo.

All.2.1 Produção nacional

Em produção nacional consideram-se o olival intensivo (em regadio), o olival tradicional (em sequeiro), as PPSBRL (em regadio), as pastagens naturais (em sequeiro), o arroz, o milho, o tomate, o brócolo em rotação com o tomate e milho, e a laranja. As folhas de cultura consideradas são apresentadas em All.1, com exceção do brócolo, cujos dados foram obtidos em Domingos e Valada (2008). Um sumário das produtividades e dos fertilizantes e pesticidas usados é apresentado na Tabela 26.

Relativamente à produtividade e dada a sua importância, foi efetuada uma análise comparativa das produtividades por cultura (ver Tabela 27). Os dados relativos às folhas de cultura para o ano de 1997, dados do Gabinete de Planeamento e Políticas, foram corrigidos de modo a refletirem as condições atuais. Estes valores foram comparados com aqueles fornecidos pelo FAO, para o ano de 2000. Para a elaboração do presente estudo foram adotados valores correspondentes à coluna “Folhas de cultura corrigidas”. De notar que, na generalidade, os valores das restantes colunas são inferiores aos assumidos no estudo. Relativamente àqueles das folhas de cultura, com 1997 como ano de referência, devido ao avanço na eficiência produtiva, estão, na sua maioria, desajustados da realidade atual. Os valores admitidos pela FAO, embora mais recentes, pecam por não serem diretamente comparáveis com os restantes uma vez que:

1. Nem sempre são específicos para a cultura em causa;
2. São valores médios que consideram também os valores em sistema de produção de sequeiro.

Não constam desta tabela valores de produtividade em toneladas por hectare para o sistema de pastagens uma vez que, nestas, a produtividade é quantificada em termos de produção animal (CN/ha).

Seguidamente são descritas em maior pormenor as características da produção nacional.

Tabela 26. Sumário dos inputs usados nas diferentes culturas nacionais

Cultura		Fertilização N (kg N/unid.)	Fertilização P (kg P ₂ O ₅ /unid.)	Fertilização K (kg K ₂ O/unid.)	Calcário dolomítico (t/unid.)	Borax (kg/unid.)	Sulfato de Zinco (kg/unid.)	Pesticidas (kg subst. act./unid.)	Água (m ³ /unid.)	Produtividade (unid./ha)
Arroz (t)		19,85	9,23	9,23	---	---	---	0,22	---	6,5
Milho (t)		14,82	9,55	9,55	---	---	---	0,59	636	11
Tomate (t)		1,68	1,36	2,07	---	---	---	1,67	56	85
Brócolo (t)		8,22	6,67	9,33	---	---	---	0,83	278	9
Laranja (t)		4,00	1,00	2,00	---	---	---	0,00	100	30
Olival (t azeitona)	Intensivo	8,10	3,15	8,10	---	---	---	5,61	250	10,00
	Tradicional	20,49	20,49	20,49	---	---	---	---	---	0,98
Pastagens (ha)	PSBRL	---	41,86	---	0,23	1,16	0,81	---	7000	1,7
	Naturais	---	---	---	---	---	---	---	---	0,35

Tabela 27. Produtividades nacionais

Cultura	Sistema	Folhas de cultura corrigidas ^a (t/ha)	Folhas de cultura ^a (1997) (t/ha)	FAO (2000) ^b (t/ha)
Arroz	Regadio	6,5	6,0	5,8
Milho	Regadio	11,0	10,0	6,2
Tomate	Regadio	85,0	85,0	81,5
Laranja	Regadio	30,0	30,0/16,0 ¹	10,5
Brócolo	Regadio	9 ²	---	19,1 ³
Olival	Regadio	10,0	---	1,0
	Sequeiro	---	1 ⁴	

Fonte: ^aGabinete de Planeamento e Políticas (www.gpp.pt); ^bFAOSTAT (www.faostat.fao.org, consultado em Outubro de 2012).

¹ valor de 30 t/ha referente a produção no Algarve com rega por gota-a-gota e bombagem elétrica Lanelate; valor de 16 t/ha refere-se a produção no Alentejo e Algarve com rega por mini/micro-aspersão e bombagem elétrica compasso 5x4.

² Domingos e Valada (2008);

³ refere-se a couves e brássicas no geral;

⁴ valor referente à produção de olival em sequeiro na região Ribatejo e Oeste e Alentejo com compasso 10 x 10.

Arroz, Milho, Tomate e Brócolo

Para o caso do arroz, milho, tomate e brócolo, as operações mecânicas consideradas são descritas na Tabela 28 e Tabela 29. Para o caso particular do arroz há que ter ainda em conta que, devido aos terrenos ficarem alagados, há uma emissão de 54,2kg de metano por ha, segundo IPCC (2006). Para o caso do milho, considera-se, para além da produção de milho e tomate nacional, a produção de milho e tomate em rotação com o brócolo (2 anos de brócolo + tomate + 1 ano de milho), numa área equivalente à necessária para a produção de 1 tonelada média anual de brócolo.

Tabela 28. Número de operações mecânicas, por hectare, para a produção de arroz, milho, tomate e brócolo

Operações mecânicas	Arroz	Milho	Tomate	Brócolo
Chisel	-	1	-	-
Lavoura	1	-	1	1
Adubação de fundo	1	1	1	1
Gradagem	2	3	2	2
Fresagem	-	-	1	1
Sementeira/plantação	1	1	1	1
Escarificação	-	-	1	-
Sacha	-	1	-	-
Abertura de regos e fertilização de cobertura	-	-	1	-
Colheita	1	1	1	1
Aplicação de fitofármacos	1 (avião) ^a	2	6	2
Fertilização de cobertura	1 (avião) ^a	-	-	1

Fonte: folhas de cultura do GPP corrigidas.

a. considerou-se 1,5h em 17ha.

Tabela 29. Transporte de materiais, por hectare, para a produção nacional de arroz, milho, tomate e brócolo

Operações mecânicas	Massa (t)	Distância (km)	Massa-distância (tkm)
Transporte de sementes/plantas			
Arroz	0,2	2	0,4
Tomate	3,5	2	7,0
Brócolo	0,1	2	0,2
Transporte de adubo			
Arroz	0,75	2	1,5
Milho	0,50	2	1,0
	0,40	2	0,8
Tomate	0,65	2	1,3
	0,4	2	0,8
Brócolo	0,5	2	1,0
	0,4	2	0,4
Transporte até à exploração			
Arroz	0,95	155 ^a	147,3
Tomate	0,01	1295	15,2
Transporte da produção			
Milho	11	2	22

Fonte: folhas de cultura do GPP.

a. Considerou-se um trator a viajar à velocidade de 30km/h.

Laranja

Para o caso da laranja, as operações mecânicas consideradas são descritas na Tabela 30. A produção de laranja considera ainda rega gota-a-gota. Considera-se ainda o transporte do fertilizante do assento para a lavoura.

Tabela 30. Número de operações mecânicas, por hectare, usadas na produção de laranja (citrinos)

Operações mecânicas	Número de operações
Colheita	1
Fertilização	1
Destroçar da lenha da poda	1
Manutenção do enrelvamento	1
Aplicação de fitofármacos	7
Poda	1

Fonte: folhas de cultura fornecidas pela FENAREG.

Olival intensivo e tradicional

Em termos de produção de olival considerou-se o olival intensivo e o olival tradicional. Para a situação do olival tradicional considerou-se que o solo fica coberto com pastagens naturais com o respetivo encabeçamento, e portanto, com a produção pecuária como produto secundário. As operações mecânicas consideradas em cada um dos modos de produção (excluindo a componente pastagens) são descritos nas Tabela 31 e Tabela 32.

Tabela 31. Número de operações mecânicas, por hectare, usadas na produção de olival

Operações mecânicas	Intensivo	Tradicional
Preparação do solo:		
Grade	1	2
Rodo invertido	1	---
Adubação de fundo	---	1
Aplic. tratamentos foliares	5	---
Aplic. herbicida	5	---
Poda	1 (maquinizada)	1 (manual)
Colheita	1 (maquinizada)	1 (manual)

Fonte: folhas de cultura do GPP.

Tabela 32. Transporte para o lagar na produção nacional de olival

Operações mecânicas	Número de operações	Massa (t/ ha)	Distância (km/ ha)	Massa-distância (tkm/ ha)
Olival intensivo	1	10,0	2	20,00
Olival tradicional	1	0,98	2	1,96

Fonte: folhas de cultura para Mira e folhas de cultura do GPP.

PPSBRL, pastagens naturais e produção pecuária convencional

Para as pastagens em regadio consideraram-se as pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas de Teixeira (2010) e para as pastagens em sequeiro consideraram-se pastagens naturais das folhas de cultura do GPP atualizadas com dados de Teixeira (2010). Tanto as PPSBRL como as pastagens naturais envolvem operações mecânicas. Estas encontram-se na Tabela 33. Em termos de transporte, considerou-se o transporte de fertilizante nas PPSBRL, que acontece todos os anos, transportando uma massa total de 0,2 toneladas (Superfosfato 18% anualmente e restantes corretivos de 10 em 10 anos).

Tabela 33. Número de principais operações mecânicas, por hectare, usadas nas pastagens

Operações mecânicas	PSBRL	Naturais
Gradagem	0,2	0,2
Rolagem	0,1	---
Fertilização de cobertura	1,0	---
Sementeira	0,1	---

Fonte: Teixeira (2010)

Considerou-se adicionalmente que o olival tradicional ocorre em simultâneo com pastagens naturais.

Os valores usados neste estudo para o sequestro de azoto e carbono de PPSBRL e pastagens naturais encontram-se na Tabela 34.

Tabela 34. Fatores de sequestro referentes às pastagens

	Carbono (kg CO ₂ / ha)	Azoto (kg N ₂ / ha)
PPSBRL	6500 ^a	92 ^b
Pastagens naturais	2600 ^c	46 ^d

a. Teixeira (2010); b. Carneiro *et al.* (2005); c. Teixeira (2010); d. assumiu-se ser 50% das PPSBRL

No que respeita à produção de gado, as PPSBRL possuem um encabeçamento de 1,7 CN/ha e as pastagens naturais um encabeçamento de 0,35 CN/ha. Quanto ao tipo de gado a que este encabeçamento incorpora, assumiu-se ser bovinos de carne. Tendo em conta os valores correspondentes à fração de bovinos de carne em pastagem médios nacionais para 2010 (em APA, 2012b), apresentados na Tabela 35.

Tabela 35. Fração de bovinos para carne, em pastagem, em Portugal em 2010

Animal	Cabeças ^a (cabeças)	Fração em pasto ^a (%)	Cabeças em pasto (cabeças)	Fator de conversão para CN (CN/ cabeça)	CN em pasto (CN)	% CN pasto (%)
Touros, vacas e outros bovinos com mais de 2 anos				1	674 500	52
<i>Machos</i>	38 000	100,0	38 000	1	38 000	2,8
<i>Outras novilhas</i>	12 000	100,0	12 000	1	12 000	0,9
<i>Outras vacas</i>	438 000	100,0	438 000	1	438 000	32,6
Bovinos de 6 meses a 2 anos				0,6	133 800	10
<i>Machos 1-2anos</i>	66 000	100,0	66 000	0,6	39 600	2,9
<i>Outras fêmeas 1-2anos</i>	20 000	100,0	20 000	0,6	12 000	0,9
<i>Fêmeas reprodutoras 1-2anos</i>	137 000	100,0	137 000	0,6	82 200	6,1
Bovinos com menos de 6 meses				0,4	163 200	12
<i>Vitelos de carne (<1 ano)</i>	114 000	100,0	114 000	0,4	45 600	3,4
<i>Outros machos (<1 ano)</i>	123 000	100,0	123 000	0,4	49 200	3,7
<i>Outras fêmeas (<1 ano)</i>	171 000	100,0	171 000	0,4	68 400	5,1

Notas: ^a APA (2012b); ^b Anexo I da Portaria nº 229-A/2008 de 6 de Março de 2008.

Uma vez que as pastagens (quer de regadio quer naturais) evitam que uma igual quantidade de animais sejam importados, é igualmente necessária a caracterização da origem e impactes associados às importações. Os países considerados para a determinação das distâncias de importação foram os países de onde Portugal mais importou

carne bovina de 2006 a 2010 (segundo a FAO⁸). Os países e as respetivas médias importadas de 2006 a 2010 encontram-se na Tabela 36.

Tabela 36. Características da importação portuguesa de carne de bovino

País	Distância a Lisboa (km) ^a	Meio de transporte	Quantidade média de carne importada (t/ano) ^b	%
Áustria	2655	Camião	36	0,1
Bélgica	1884	Camião	783	1,6
Dinamarca	2839	Camião	1283	2,6
Estónia	4066	Camião	5	0,0
França	1452	Camião	2463	5,1
Alemanha	2379	Camião	317	0,7
Grécia	32967	Barco	0	0,0
Irlanda	1554	Barco	101	2,1
Itália	2122	Barco	13	0,0
Holanda	2063	Barco	7197	14,8
Polónia	3051	Camião	163	0,3
Espanha	503	Camião	35304	72,6
Reino Unido	1603,832	Barco	66	0,1
Total			48642	100,0

Valores para 2006-2010.

Fonte: ^a Google maps e <http://sea-distances.com/> (consultado em Janeiro de 2013); ^b FAOSTAT (www.faostat.fao.org, consultado em Janeiro de 2013).

Para além do transporte de carne nas importações, considerou-se as emissões de gases de efeito de estufa da produção de carne. Sendo que a origem da maior parte das importações de carne bovina é a Europa, usou-se, para as emissões, o valor apresentado por Weidema *et al.* (2008) que apresenta valores médio para a Europa (EU-27). Segundo este estudo, a carne bovina é responsável por 28,7 kg CO_{2e}/kg carne bovina, o que é equivalente a 20,3 t CO_{2e}/cabeça bovina. Como este valor considera as emissões do matadouro, foi necessário estimar o valor correspondente a Portugal para permitir comparar com as emissões da produção de gado das PPSBRL e pastagens naturais. De acordo com a base de dados LCA Food DK⁹, as emissões da produção bovina são semelhantes às emissões que ocorrem no matadouro. Usou-se então esta relação para ter uma estimativa das emissões portuguesas (i.e., assumiu-se que as emissões do matadouro são iguais às emissões do gado a pastar nas PPSBRL ou pastagens naturais).

⁸ FAOSTAT (www.faostat.fao.org), consultado em Janeiro de 2013.

⁹ <http://lcafood.dk/> (consultado em Janeiro de 2013).

AlI.2.2 Produção internacional

As principais características dos produtos importados utilizados no cenário contrafactual são apresentadas na Tabela 37. No que se refere aos pesticidas, por falta de dados, considerou-se que foram usadas as mesmas quantidades por tonelada de cultura do que na produção nacional. De notar que, para a definição das folhas de cultura que correspondem a importações, é assumido o mesmo tipo de operações, sendo apenas diferenciada a produtividade e transporte e os fertilizantes usados.

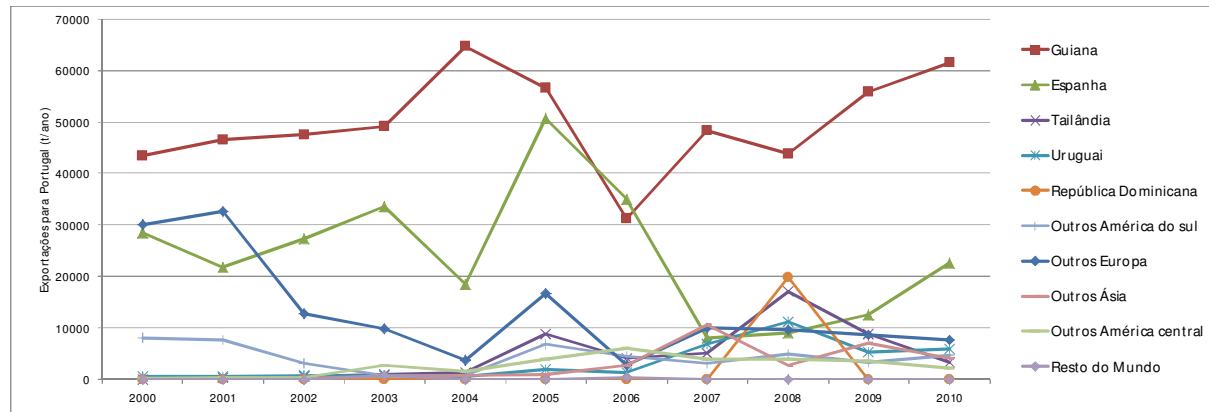
Tabela 37. Principais características da produção para os países exportadores

Cultura	País	Distância (km)	Meio de transporte	Fração de importação (%)	Percentagem de área fertilizada (%)	Produtividade (t/ha)	Azoto (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potássio (kg K ₂ O/ha)
Arroz	Espanha	503	Camião	49,5	---	7,2	80	34	24
	Tailândia	14262	Barco	21,8	90	2,9	62	33	17
	Uruguai ^b	9506	Barco	17,3	100	7,6	80	80	20
	República Dominicana ^b	8076	Barco	11,3	90	4,1	120	60	60
	Média	---	---	100	---	6,0	77,9	43,3	24,8
Milho	Argentina	9577	Barco	37,3	40	6,7	50	25	2
	França	1452	Camião	27,5	---	9,1	46	22	30
	Brasil	7973	Barco	24,0	70	3,9	60	30	50
	Espanha	503	Camião	7,8	---	9,9	52,2	21,2	5,2
	Hungria	2469	Camião	3,4	---	6,2	115	20	24
	Média	---	---	100	---	6,9	38,2	17,2	18,2
Tomate	Espanha	503	Camião	100	---	73,1	205 ^d	95 ^d	103 ^d
Laranja	Brasil	7973	Barco	100	8	22,6	60	60	60
Brócolo	Espanha	503	Camião	100	---	15 ^e	205 ^d	95 ^d	103 ^d

Ano de referência: 1999/2000

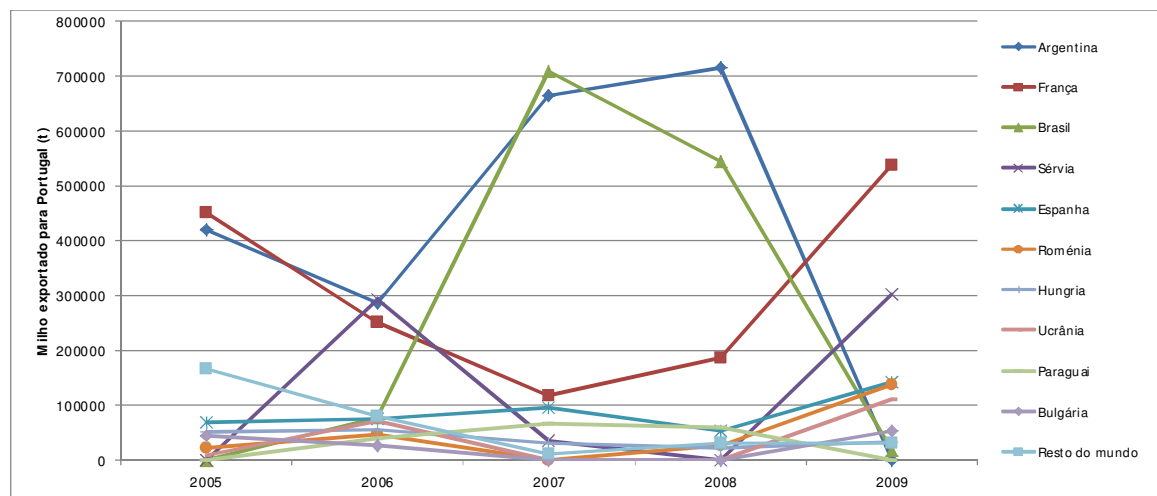
^a dados referentes à produção de arroz, centeio e aveia); ^b dados referentes a arroz branqueado ("paddy rice"); ^d referente a vegetais gerais; ^e referente a couves e outras brássicas em geral e não específico para o brócolo.

Fonte: IFA *et al.* (2002).



Fonte: www.faostat.fao.org (consultado em Outubro de 2012)

Figura 13. Importações de arroz para Portugal



Fonte: www.faostat.fao.org (consultado em Outubro de 2012)

Figura 14. Importações de milho para Portugal

Anexo III Solo: Área inundada por albufeiras

De acordo com os dados da Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens (http://cnpgb.inag.pt/gr_barragens/gbportugal/Lista.htm, consultado em Janeiro de 2013), as áreas, ao nível pleno de armazenamento (NPA), são as presentes na Tabela 38.

Tabela 38. Área inundada ao nível de pleno armazenamento, para as albufeiras cuja utilização inclui rega

Barragem	Utilizações	Área inundada ao NPA (ha)
Abrilongo	Rega	295
Açafal	Rega	20
Agueira	Energia/ defesa contra cheias/ abastecimento/ rega	2000
Alfaiates	Rega	22
Alfândega da fé	Abastecimento/ rega	22
Alqueva	Reserva/ rega/ abastecimento/ energia	25000
Alvito	Rega/ abastecimento	1480
Alvorninha	Rega	11,8
Apartadura	Abastecimento/ Rega	48
Arade	Rega/ Energia	182
Armamar	Rega	32
Azibo	Rega/ abastecimento/ valorização paisagística	410
Beliche	Abastecimento/ rega	292
Burga	Rega	16,1
Burgães	Rega	5
Caia	Rega/ abastecimento	1970
Camba	Abastecimento/ rega	9,5
Campilhas	Abastecimento/ rega	333
Capinha	Abastecimento/ rega	9,7
Caroucha	Rega	12
Açude ponte de Coimbra	valorização paisagística/ rega/ abastecimento	92,5
Corte Brique	Rega	17,8
Curalha	Rega	17,7
Daroeira	Rega	105
Divor	Rega	239
Fonte Serne	Rega	105
Funcho	Rega	360
Furadouro	Rega	3,6
Gameiro	Rega/ Energia	7,2

Barragem	Utilizações	Área inundada ao NPA (ha)
Garfanos	Rega	2,5
Gostei	Rega	14,9
Idanha	Rega/ Energia	678
Lucefecit	Rega	169
Magos	Rega	90
Mairos	Rega	6,7
Malhada do Peres	Rega	7,24
Maranhão	Rega/ Energia	1960
Marateca/ Santa Águeda	Abastecimento/ rega	634
Meimoa	Rega/ abastecimento	222
Minutos	Rega	530
Montargil	Rega/ Energia	1646
Monte da Rocha	Rega/ abastecimento	1100
Monte Novo	Abastecimento/ rega	277
Namorada	Rega	46
Óbidos	Rega	101
Odeáxere (bravura)	Rega/ Energia	285
Odeleite	Abastecimento/ rega	720
Odivelas	Rega	973
Pedrogão	Energia/ rega	1104
Pego do Altar	Rega/ Energia	655
Penha Garcia	Abastecimento/ rega	20,4
Pisco	Abastecimento/ rega	19,8
Prada	Rega	4,6
Rego do milho	Rega	18,4
Roucanito	Rega	7,6
Roxo	Rega/ abastecimento	1378
Sabugal	Rega/ abastecimento/ energia	732
Salgueiro	Rega	22
Santa Clara	Rega/ abastecimento/ energia/ defesa contra cheias	1986
Santa Justa	Rega	28
Santa Maria de Aguiar	Abastecimento/ rega	110
S. Domingos	Abastecimento/ rega	96
Tabueira	Rega/ abastecimento/ recreio	46
Toullica	Abastecimento/ rega	46,4
Touvedo	Energia/ rega/ defesa cheias	172
Vale das Bicas	Rega/ defesa contra cheias	67
Vale do Cobrão	Rega	110
Vale do Gaio	Rega/ energia	550
Vale Madeiro	Rega	18,3

Barragem	Utilizações	Área inundada ao NPA (ha)
Vaqueiros	Rega	24,1
Várzea de Calde	Rega	6,6
Vermiosa	Rega	48,9
Vigia	Rega/ abastecimento	262
Monte Gato	Sem informação	18,3
Miguéis	Sem informação	27,4

Anexo IV Solo: Balanço de nutrientes ao solo

Foram efetuados os balanços de nutrientes ao azoto (B_N) e ao fósforo (B_P) do solo para cada tipo de cultura. Para cada cultura, existem dois cenários já descritos no Capítulo 1. Assim, para cada cultura são efetuados balanços ao azoto e fósforo para cada geografia. Por exemplo, para o caso do arroz, no cenário de importação, o balanço é feito para cada país onde se importa arroz e para o terreno onde se instalam pastagens naturais. Os balanços foram feitos para as culturas de arroz, milho, tomate, laranja e azeitona são estimados em kg nutriente/t de cultura e para as pastagens são estimados em kg nutriente/ ha.

AIV.1. Balanço ao Azoto do Solo

AIV.1.1 Modelo do Balanço de Azoto ao Solo

O balanço ao azoto à superfície do solo agrícola (como definido por OCDE e EUROSTAT, 2007) considera as entradas de azoto no solo e as saídas deste, sendo dado pela seguinte expressão:

$$B_N = E_N - S_N \quad (1)$$

Onde B_N é o balanço de azoto à superfície do solo agrícola (kg N/t cultura), S_N é o azoto que sai da superfície do solo (kg N/t cultura) e E_N o azoto que entra na superfície do solo (kg N/t cultura). As entradas e saídas de azoto do solo estão esquematizadas na Figura 15.

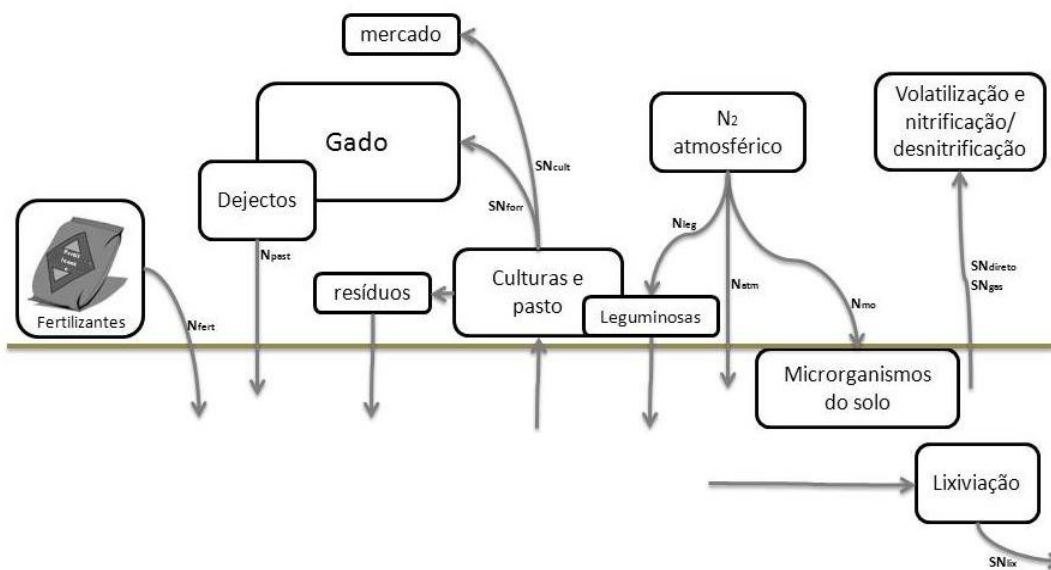


Figura 15. Balanço de azoto ao solo agrícola

Para as entradas e saídas de azoto no solo temos:

$$E_N = N_{fert} + N_{past} + N_{leg} + N_{res} + N_{mo} + N_{atm} \quad (2)$$

$$S_N = SN_{cult} + SN_{forr} \quad (3)$$

Onde, N_{fert} é a quantidade de azoto introduzida pelo fertilizante (kg N/t cultura), o N_{past} é azoto introduzido no solo devido à excreção animal a pastar (kg N/t cultura), o N_{leg} é azoto que é introduzido no solo devido à fixação biológica por culturas leguminosas (kg N/ t cultura), o N_{res} é azoto dos resíduos agrícolas incorporados no solo (kg N/t cultura), o N_{mo} é azoto fixado no solo por microrganismos do solo (kg N/t cultura), o N_{atm} é azoto atmosférico que é depositado no solo por processos naturais (kg N/t cultura), SN_{cult} é a quantidade de azoto na cultura agrícola (kg N/t cultura ou kg N/ha para o caso das pastagens) e SN_{forr} é a quantidade de azoto na parte da cultura agrícola que é digerida pelos animais a pastar (kg N/ha para o caso das pastagens).

O balanço de nutrientes à superfície do solo inclui todo o azoto que se acumula neste e que é suscetível de ser volatilizado e nitrificado/desnitrificado. Assim, o balanço à superfície do solo pode ainda ser decomposto em:

$$B_N = SN_{directo} + SN_{gas} + MOS_N \quad (4)$$

Onde $SN_{directo}$ é azoto do solo que é nitrificado e desnitrificado diretamente do solo para dar origem ao óxido nitroso (N_2O) libertado para a atmosfera (kg N/t cultura), o SN_{gas} é o azoto do solo que é volatilizado para o ar sob a forma de óxidos de azoto (NO_x) ou amónia (NH_3) (kg N/t cultura) e o MOS_N é o azoto incorporado na matéria orgânica do solo. Em termos de qualidade dos solos interessa o azoto em matéria orgânica do solo (MOS_N).

O azoto introduzido no solo devido à excreção animal a pastar (N_{past}) é dado pelo azoto que é excretado pelo animal (N_{exc}) corrigido da parte do azoto que é volatilizado para a atmosfera ($Past_{Nvol}$) sob as formas de amónia ou óxidos de azoto. A quantidade de azoto que é excretado pelo animal é dada pelo azoto ingerido pelo animal (SN_{forr}) menos o que fica retido no animal (G_N). O azoto volatilizado é dado por:

$$Past_{Nvol} = N_{exc} \cdot Frac_{exc_vol} \quad (5)$$

Onde $Frac_{exc_vol}$ corresponde à volatilização do azoto de excreção animal depositada no solo durante a pastagem (kg N (NH_3+NO_x)/ ha). Para as pastagens naturais (no cenário de referência do arroz, milho e laranja), tem ainda de se multiplicar o $Past_{Nvol}$ pela área convertida em pastagem, que corresponde ao inverso da produtividade da cultura nacional.

Para as leguminosas, estas ocorrem apenas nas pastagens, quer nas PPSBRL quer nas naturais. As pastagens são consideradas em três situações específicas: a) pastagens naturais na área de arroz, milho e laranja em Portugal, no cenário contrafactual; b) pastagens naturais nos terrenos onde se tem o olival tradicional; e c) pastagens naturais e PPSBRL de regadio nos cenários com o mesmo nome. Para os casos a) e b) considera-se , onde T_{FB} é a taxa de fixação de azoto pelas pastagens (kg N/ha) e $Cult_{FB}$ é produtividade média da produção de arroz nacional (t/ha). Para a situação c) considera-se apenas a taxa de fixação de azoto pelas pastagens (T_{FB}).

Para a componente do azoto que é retido pelas culturas agrícolas (SN_{cult}), esta é retida na parte comercializável (SN_c) e na parte correspondente aos resíduos agrícolas (N_{res}), que neste caso se assume ser incorporado nos solos.

De acordo com OCDE e EUROSTAT (2007), a quantidade de azoto atmosférico sequestrada para o solo por microrganismos do solo (N_{mo}) é dada por , onde t_{FBmo} é a taxa de fixação de azoto atmosférico por microrganismos do solo por tipo de solo (kg N/ha) e $Cult$ é a produtividade da cultura em questão (t/ha ou CN/ha).

Da mesma forma, e de acordo com OCDE e EUROSTAT (2007), o azoto atmosférico que é depositado no solo por processos naturais (N_{atm}) é dado por , onde t_{DA} é a taxa de deposição atmosférica, por região (kg N/ha).

Desta forma, as equações (2) e (3) podem ser reescritas da seguinte forma:

$$E_N = N_{fert} - G_N - Past_{NVol} + SN_{forn} + N_{res} + N_{leg} + N_{mo} + N_{atm} \quad (6)$$

$$S_N = SN_c + N_{res} + SN_{forn} \quad (7)$$

E portanto, a equação (1) fica:

$$B_N = N_{fert} - G_N - Past_{NVol} + N_{leg} + N_{mo} + N_{atm} - SN_c \quad (8)$$

De acordo com IPCC (2006) e OCDE e EUROSTAT (2007), a nitrificação/desnitrificação do azoto do solo ($SN_{directo}$) é dada por:

$$SN_{directo} = (FSN + N_{leg} + FRCN + N_{mo} + N_{atm}) \cdot FE_1 + A_{aban} \cdot FE_2 \quad (9)$$

Onde, FSN é o azoto introduzido no solo pelo uso de fertilizantes, descontando a parte que é volatilizada (kg N/t cultura), $FRCN$ é o azoto que é introduzido no solo pelos resíduos das culturas que são incorporados nos solos (kg N/t cultura), FE_1 é o fator de emissão devido às entradas de azoto (kg N-N₂O/t cultura) e FE_2 é o fator de emissão referente ao azoto introduzido no solo pela pastagem de animais (kg N-N₂O/ ha). De acordo com IPCC (2006), a quantidade de azoto introduzida no solo por fertilização, ajustada para contabilizar o azoto volatilizado (FSN) é dada por , onde $Frac_{gas}$ é a parte do azoto em fertilizantes que é volatilizado em NH₃ ou NO_x (kg N/t cultura). O azoto que é introduzido no solo pelos resíduos das culturas que são incorporados nos solos (N_{res}) é dado por , onde $Frac_{res}$ é a quantidade de resíduos agrícolas de determinada cultura (kg resíduos/t) e $Frac_{Nres}$ é a fração de azoto nos resíduos agrícolas da cultura (kg N/kg resíduo).

De acordo com IPCC (2006), o azoto do solo que é volatilizado para o ar sob a forma de NO_x ou NH₃ (SN_{gas}) é dado por:

$$SN_{gas} = N_{fert} \cdot Frac_{gasf} + Past_{NVol} \quad (10)$$

Onde $Frac_{gasf}$ é a fração de azoto do fertilizante que volatiliza-se em amónia ou óxidos de nitrato (kg N(NH₃+NO_x)/kg N fertilizante), $Past_{NVol}$ é a volatilização do azoto de excreção animal depositada no solo durante a pastagem (kg N (NH₃+NO_x)/t cultura) descrita pela equação (5).

De acordo com IPCC (2006), as perdas referentes ao azoto após a sua aplicação no solo (quer como fertilizante sintético, quer como estrume), devido a infiltração/percolação e arrastamento, são estimadas através de:

$$SN_{lix} = (N_{fert} + N_{past}) \cdot Frac_{lix} \quad (11)$$

Onde $Frac_{lix}$ é a fração de azoto introduzido no solo que é lixiviada ou arrastada do solo.

Para a componente lixiviada (SN_{lix}), dado o carácter efémero do azoto no solo, é considerada como melhor estimativa o resultado final do balanço.

AIV.1.2 Fatores de Emissão

Na literatura é possível encontrar diferentes valores para os diferentes fatores de emissão necessários à determinação do balanço de azoto à superfície do solo. A Tabela 39 apresenta alguns destes valores. Os fatores de emissão usados para os cálculos foram, sempre que possível, os recomendados em IPCC (2006). Para o caso da taxa de azoto sequestrada por leguminosas, apenas se encontrou o para as PPSBRL. Para o caso específico das pastagens naturais, visto estas terem uma quantidade menor de leguminosas, assumiu-se este valor ser 1/2 do valor publicado para as PPSBRL.

Tabela 39. Fatores de emissão para o balanço de azoto à superfície do solo

Fator de emissão	Valor	Notas
$Frac_{lix}$	0,30 kg N lixiviado/kg N solo	Valor default apresentado em IPCC (2006)
$Frac_{gasf}$	0,10 kg N (NH_3 - NO_x)/kg N	Valor default apresentado em IPCC (2006)
T_{da}	3,9 kg N/ha	Base de dados da OCDE "Soil Surface Nitrogen Balance" de 2001
T_{FBmo}	4 kg N/ha	Base de dados da OCDE "Soil Surface Nitrogen Balance" de 2001
T_{FB}	184 kg N/ha	Carneiro et al. (2005) para PPSBRL
FE_1 (azoto nitrificado)	0,01 kg N(N_2O)/(kg N solo menos N volatilizado)	Valor default apresentado em IPCC (2006); Mosier (1998)
FE_2 (azoto nitrificado em pastagens)	0,02 kg N(N_2O)/ha 0,01 kg N(N_2O)/ha	Valor default apresentado em IPCC (2006) Valor para pasto de ovelhas, IPCC (2006)

AIV.1.3 Dados: Animais em pasto

No que respeita ao azoto introduzido pelos animais em pasto, usou-se a proporção de animais em pasto (ver Tabela 35) e o encabeçamento médio nas pastagens para determinar qual o número de cabeças de cada tipo de animal se encontra em pasto (Tabela 40). A taxa de excreção de azoto pelos animais, dada por APA (2012b), é apresentada na Tabela 41.

Tabela 40. Número de cabeças de bovinos (nci) em pasto para cada tipo de pastagem

Animal	nci em pastagens naturais (0,35 CN/ ha)		nci em pastagens fertilizadas (1,7 CN/ ha)	
	(CN/ ha) ^a	(cabeças/ ha)	(CN/ ha) ^a	(cabeças/ ha)
Vitelos de carne (<1 ano)	0,0	0,1	0,1	0,2
Outros machos (<1 ano)	0,0	0,1	0,1	0,3
Outros fêmeas (<1 ano)	0,0	0,1	0,1	0,4
Machos 1-2anos	0,0	0,0	0,1	0,1
Outras fêmeas 1-2anos	0,0	0,0	0,0	0,0
Fêmeas reprodutoras 1-2 anos	0,0	0,1	0,2	0,3
Machos (>2anos)	0,0	0,0	0,1	0,1
Outras novilhas (>2 anos)	0,0	0,0	0,0	0,0
Outras vacas (>2 anos)	0,2	0,2	0,0	0,0

^a dado pela fracção de CN em pasto e o número absoluto de CN/ha.

Tabela 41. Taxa de excreção de azoto por bovinos - N_{exc}

Animal	Taxa de excreção de N (kg N/ cabeça)
Vitelos de carne (<1 ano)	25,0
Outros machos (<1 ano)	25,0
Outras fêmeas (<1 ano)	25,0
Machos 1-2anos	40,0
Outras fêmeas 1-2anos	40,0
Fêmeas reprodutoras 1-2 anos	40,0
Machos (>2anos)	41,0
Outras novilhas (>2 anos)	55,0
Outras vacas (>2 anos)	80,0

Fonte: APA (2012b)

Para determinar a quantidade de azoto que fica retida nos animais, usaram-se o peso médio de cada tipo de gado dado por APA (2012b). Com base no número de animais em pastoreio por hectare (ver Tabela 40) e assumindo o valor de 2% de massa de azoto por massa de animal, usado por Teixeira (2010) para bovinos, obtém-se uma aproximação da quantidade de azoto retida nos animais em pasto (ver Tabela 42).

Tabela 42. Quantidades de azoto retidas nos animais por tipo de pastagem

Animal	Peso unitário ^a (kg/ cabeça)	Pastagens naturais (0,35 CN/ ha)		PPSBRL (1,7 CN/ ha)	
		Peso animais	Massa de azoto	Peso animais	Massa azoto
		(kg/ ha)	(kg N/ ha)	(kg/ ha)	(kg N/ ha)
Vitelos de carne (<1ano)	212,0	10,8	0,2	52,3	1,0
Outros machos (<1ano)	230,0	12,6	0,3	61,3	1,2
Outras fêmeas (<1ano)	182,0	13,9	0,3	67,4	1,3
Machos 1-2anos	543,0	16,0	0,3	77,6	1,6
Outras fêmeas 1-2anos	366,0	3,3	0,1	15,9	0,3
Fêmeas reprodutoras 1-2anos	366,0	22,4	0,4	108,6	2,2
Machos (>2anos)	789,0	13,4	0,3	64,9	1,3
Outras novilhas (>2 anos)	462,0	2,5	0,0	12,0	0,2
Outras vacas (>2 anos)	599,0	117,0	2,3	568,2	11,4
Total			4,2		20,6

^a APA (2012b)

AIV.1.4 Dados: Composição das culturas

Para a determinação da parte de azoto que é removida do solo devido quer à colheita das culturas, quer devido à nitrificação/desnitrificação do azoto contido nos resíduos das culturas incorporados nos solos, usaram-se os valores da composição das culturas apresentados na Tabela 43.

Tabela 43. Composição de algumas culturas de regadio

Cultura	Parte da planta	Massa de azoto (kg N/ t)
Arroz	Grão/fruto	5,7
	Resíduo	8,0
Milho	Grão/fruto	6,3
	Resíduo	6,3
Tomate	Grão/fruto	4,1
	Resíduo	8,1
Laranja	Grão/fruto	2,3
	Resíduo	2,3
Olival	Grão/fruto	2,3
	Resíduo	2,3
Brócolo	inflorescência	0,4

Fonte: IPCC (2006)

AIV.2. Balanço ao Fósforo (P₂O₅) do Solo

AIV.2.1 Modelo do Balanço do Fósforo ao Solo

Em semelhança ao balanço do azoto, o balanço do fósforo à superfície do solo agrícola é dada pela seguinte expressão:

$$B_P = E_P - S_P \quad (12)$$

Onde B_P é o balanço de fósforo à superfície do solo agrícola (kg P_2O_5 /t cultura), E_P é o fósforo que entra na superfície do solo (kg P_2O_5 /t cultura) e S_P é o fósforo que sai da superfície do solo (kg P_2O_5 /t cultura). As entradas e saídas de fósforo do solo estão esquematizadas na Figura 15.

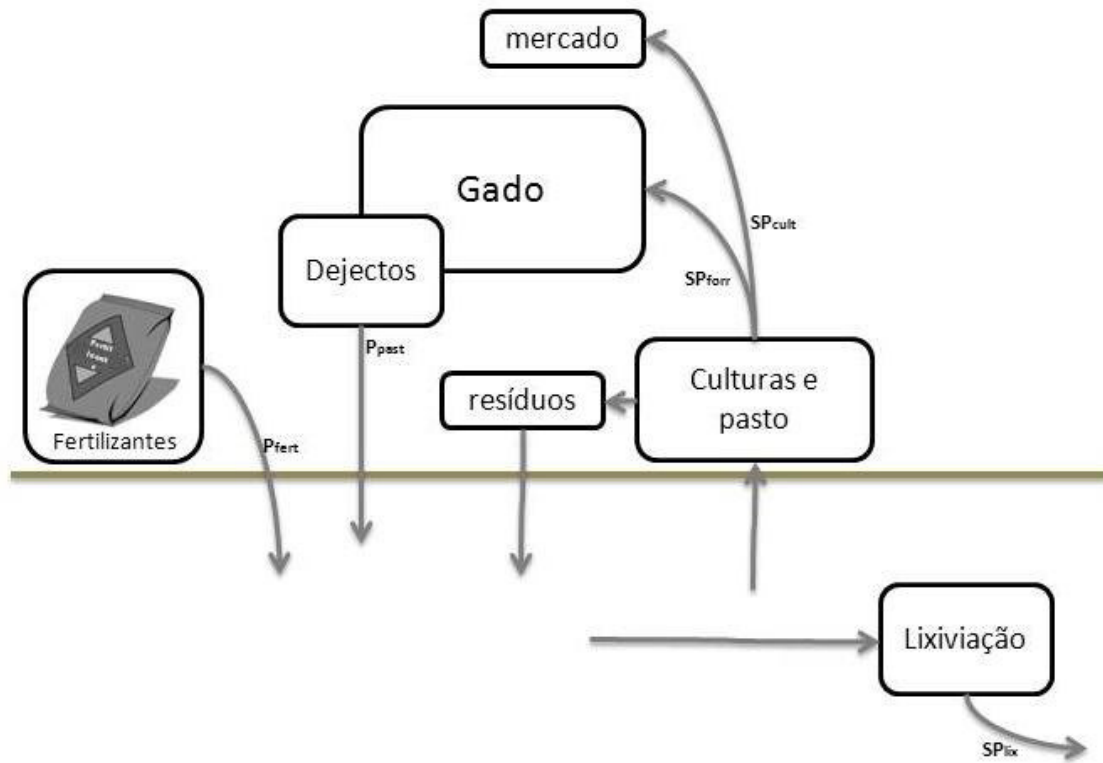


Figura 16. Balanço ao fósforo em solos agrícolas

Para as entradas e saídas de fósforo no solo temos:

$$E_P = P_{fert} + P_{past} + P_{res} \quad (13)$$

$$S_P = SP_{cult} + SP_{forr} \quad (14)$$

Onde P_{fert} é a quantidade de fósforo introduzida pelo fertilizante (kg P_2O_5 /t cultura), P_{past} é o fósforo introduzido no solo devido à excreção animal a pastar (kg P_2O_5 /t cultura), P_{res} é a quantidade de fósforo dos resíduos agrícolas incorporados no solo (kg P_2O_5 /t cultura), SP_{cult} é a quantidade de fósforo na cultura agrícola (kg P_2O_5 /t cultura ou kg P_2O_5 /ha para o caso das pastagens) e SP_{forr} é a quantidade de fósforo na parte da cultura agrícola que é digerida pelos animais a pastar (kg P_2O_5 /ha para o caso das pastagens).

O balanço de nutrientes à superfície do solo inclui todo o fósforo que se acumula neste e que é suscetível de ser lixiviado ou arrastado. Assim, o balanço à superfície do solo pode ainda ser decomposto em:

$$B_N = SP_{lix} + MOS_P \quad (15)$$

Onde SP_{lix} é o fósforo do solo que é lixiviado (kg P_2O_5 /t cultura) e o MOS_p é o fósforo incorporado na matéria orgânica do solo. Em termos de qualidade dos solos interessa o fósforo na matéria orgânica do solo (MOS_p) e em termos de qualidade da água interessa saber o fósforo lixiviado (SP_{lix}).

O fósforo introduzido no solo devido à excreção animal a pastar (P_{past}) é dado pelo fósforo ingerido pelo animal (SP_{forr}) menos o que fica retido no animal (G_p).

Para a componente de fósforo que é retida pelas culturas agrícolas (SP_{cult}), esta é retida na parte comercializável (SP_c) e na parte correspondente aos resíduos agrícolas (P_{res}), que neste caso se assume ser incorporado nos solos.

Desta forma, as equações (13) e (14) podem ser reescritas da seguinte forma:

$$E_p = P_{fert} - G_p + SP_{forr} + P_{res} \quad (16)$$

$$S_p = SP_c + P_{res} + SP_{forr} \quad (17)$$

E portanto, a equação (12) fica:

$$B_p = P_{fert} - G_p - SP_c \quad (18)$$

As perdas referentes ao fósforo após a sua aplicação no solo (quer como fertilizante sintético, quer como estrume), devido a infiltração/percolação e arrastamento, são estimadas através de:

$$SP_{lix} = (P_{fert} + P_{past}) \cdot Frac_{lix} \quad (19)$$

Onde $Frac_{lix}$ é a fracção de fósforo introduzido no solo que é lixiviada ou arrastada do solo.

AIV.2.2 Fator de Emissão

O fator de emissão referente à lixiviação usado foi de 0,01 kg P_2O_5 lixiviado/kg P_2O_5 solo (van der Werf , 2004).

AIV.2.3 Dados: Animais em pasto

No que respeita ao azoto introduzido pelos animais em pasto, usou-se a proporção de animais em pasto (ver Tabela 35) e o encabeçamento médio nas pastagens para determinar qual o número de cabeças de cada tipo de animal se encontra em pasto (Tabela 40). A taxa de excreção de fósforo pelos animais, dada pelos Standards da Sociedade Americana dos Engenheiros Agrónomos (ASAE), é apresentada na Tabela 44.

Tabela 44. Taxa de excreção de fósforo por bovinos

Animal	Taxa de excreção de P (kg P ₂ O ₅ / cabeça)
Vitelos de carne (<1 ano)	16,7
Outros machos (<1 ano)	16,7
Outros fêmeas (<1 ano)	16,7
Machos 1-2anos	16,7
Outras fêmeas 1-2anos	16,7
Fêmeas reprodutoras 1-2 anos	16,7
Machos (>2anos)	16,7
Outras novilhas (>2 anos)	16,7
Outras vacas (>2 anos)	33,4

Fonte: Standards da ASAE, http://evo31.ae.iastate.edu/ifafs/doc/pdf/ASAE_D384.2.pdf (consultado em Outubro de 2012)

Para determinar a quantidade de fósforo que fica retida nos animais, usou-se o peso médio de cada tipo de gado dado por APA (2012b). Com base no número de animais em pastoreio por hectare (ver Tabela 40) e assumindo o valor de 0,55% de massa de fósforo por massa de animal, usado por Baião *et al.* (2003) para borregos, obtém-se uma aproximação da quantidade de azoto retida nos animais em pasto (ver Tabela 45).

Tabela 45. Quantidades de fósforo retidas nos animais por tipo de pastagem

Animal	Peso unitário ^a (kg/ cabeça)	Pastagens em sequeiro (0,35 CN/ ha)		PPSBRL (1,7 CN/ ha)	
		Peso animais	Massa de fósforo	Peso animais	Massa fósforo
		(kg/ ha)	(kg P ₂ O ₅ / ha)	(kg/ ha)	(kg P ₂ O ₅ / ha)
Vitelos de carne (<1ano)	212,0	13,3	0,2	64,6	0,8
Outros machos (<1ano)	230,0	14,4	0,2	69,7	0,9
Outras fêmeas (<1ano)	182,0	20,0	0,3	96,9	1,2
Machos 1-2anos	543,0	14,7	0,2	71,2	0,9
Outras fêmeas 1-2anos	366,0	4,4	0,1	21,6	0,3
Fêmeas reprodutoras 1-2anos	366,0	22,3	0,3	108,4	1,4
Machos (>2anos)	789,0	9,7	0,1	47,0	0,6
Outras novilhas (>2 anos)	462,0	2,4	0,0	11,6	0,1
Outras vacas (>2 anos)	599,0	111,6	1,4	542,0	6,8
Total			2,7		13,0

^a APA (2012b)

AIV.2.4 Dados: Composição das culturas

Para a determinação da parte de fósforo que é removida do solo devido à colheita das culturas, usaram-se os valores da composição das culturas apresentados na Tabela 46.

Tabela 46. Extração de fósforo por culturas de regadio

Cultura	Extrações (kg P₂O₅/ t)
Arroz	7,0
Milho	14,0
Tomate	2,0
Laranja	3,0
Olival	2,0
Brócolo	7,8

Fonte: Manual de Adubação da SAPEC Adubos (Produtos e Fertilizantes Químicos, S.A.)

Anexo V Energia e Clima: Consumo de energia primária e emissões de GEE

AV.1. Fronteira de Análise

Em geral, a produção de uma tonelada de produto é responsável por emissões e sequestro de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), bem como o consumo de energia decorrentes de vários processos. Os processos incluídos neste estudo estão esquematizados na Figura 17. Estes são:

- uso de fertilizantes azotados e incorporação de resíduos agrícolas nos solos,
- uso de maquinaria agrícola
- a potencial queima de resíduos agrícolas nos terrenos,
- a bombagem para irrigação
- as emissões provenientes do alagamento de terrenos (na produção de arroz),
- sequestro de carbono e azoto do ar (e armazenamento no solo),
- a deposição de excrementos animais durante a pastagem,
- a produção de fertilizantes e maquinaria agrícola,
- a eletricidade consumida pela bombagem de água para irrigação.
- transporte internacional de produtos agrícolas para Portugal,
- a produção internacional de gado,
- o transporte de carne bovina para Portugal,
- emissões de GEE do matadouro e m Portugal.

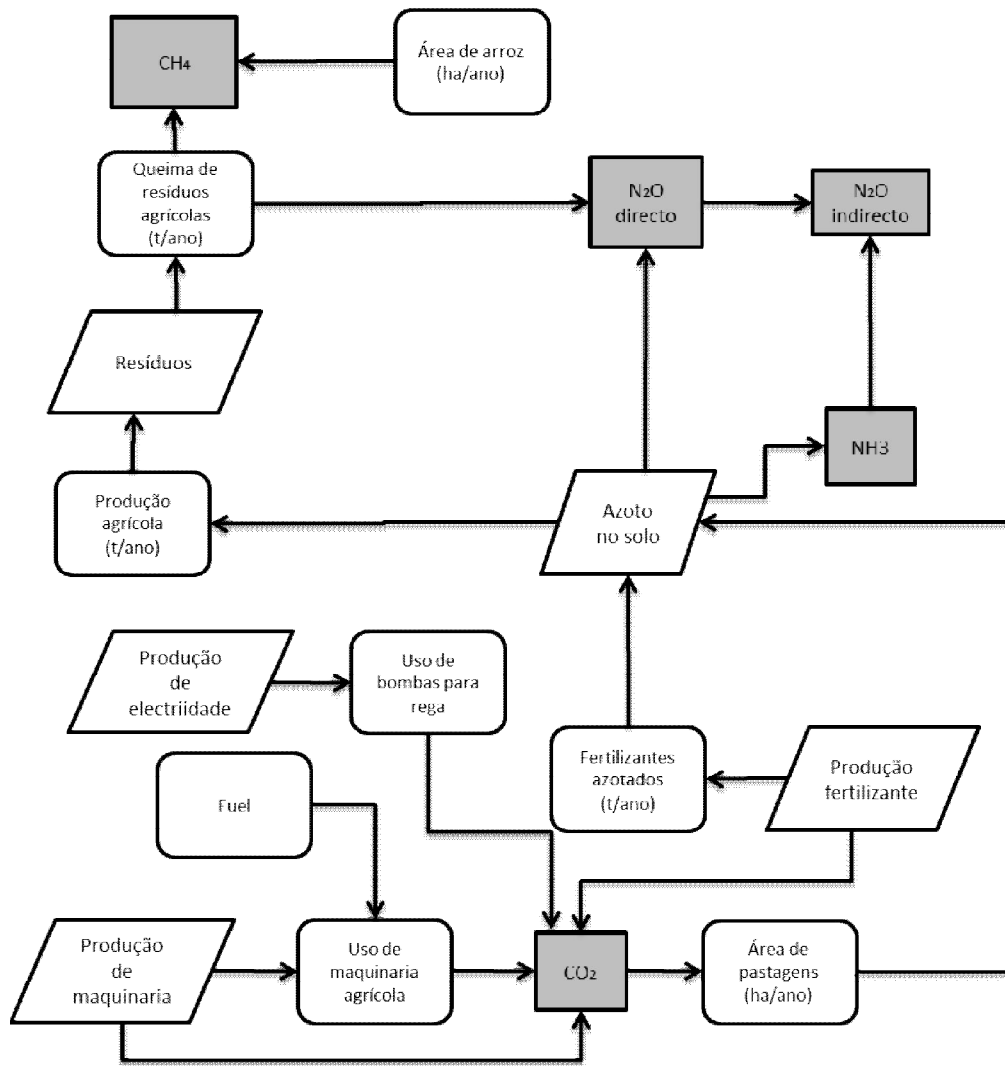


Figura 17. Principais processos e gases de efeito de estufa incluídos neste estudo para a produção nacional

Fora da análise ficam o transporte dos fertilizantes da fábrica aos terrenos agrícolas, a incorporação de resíduos agrícolas nos solos, a incorporação de estrumes e a produção de pesticidas. A exclusão destes fatores deve-se à falta de dados associados às importações. Para o caso específico dos resíduos agrícolas, dado não existirem dados referentes ao destino dado a estes, optou-se por se seguir uma abordagem mais conservadora e assumir que estes são queimados nos terrenos em vez de serem incorporados nos solos.

AV.2. Inventário de Dados

AV.2.1 Elaboração do Inventário

Foi efetuada uma inventariação de dados referentes às características dos processos incluídos na análise. Foi necessário recolher dados referentes aos fluxos de materiais e energia específicos para cada processo considerado. O

desafio da elaboração do inventário de dados é o de incluir o maior número de materiais e energia consumidos, emissões líquidas e gasosas com um nível mínimo de qualidade dos dados (i.e., o mínimo de incerteza possível nos dados e um máximo de representatividade para o caso de estudo) de forma a poder ser possível tirar conclusões com confiança.

A inventariação foi efetuada com base a dados estatísticos quer por fontes nacionais quer por fontes internacionais como sejam as quantidades de materiais usadas, a distância de transporte e o número e tipo de operações mecânicas usadas. Com o fim de determinar todos os fluxos de materiais e energia, sempre que estes dados não se encontravam disponíveis, foram estimados com base a bases de dados internacionais sobre processos de produção. Todos os dados foram devidamente referenciados. A credibilidade dos dados é testada através da discussão destes com especialistas na área de impactes ambientais e com os parceiros do projeto. O inventário de dados é apresentado em baixo.

AV.2.2 Produção de Fertilizantes e Pesticidas

A quantidade de fertilizantes usados por cada cultura é dada encontra-se já definida anteriormente. Para a caracterização dos impactes provenientes da produção de adubos usaram-se os valores da base de dados Ecoinvent do software de análise de ciclo de vida SimaPro 7 (ver Tabela 47). Foram usados adubos genéricos ou azotados, ou fosfatados ou de potássio, uma vez que os dados de fertilizações obtidos para as culturas não especificavam que tipo de adubos foram usados. A exceção foi para as pastagens, onde existem dados sobre o tipo de fertilizantes usados. Para o caso dos pesticidas, sempre que possível usaram-se dados referentes à substância ativa destes, quando tal não foi possível (na maioria dos casos), usaram-se dados da produção de um pesticida genérico. Os dados da produção de pesticidas foram obtidos da base de dados Ecoinvent.

Tabela 47. Fertilizantes inorgânicos usados para a análise de ciclo de vida

Entrada na base de dados Ecoinvent	Uso na ACV
Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/ RER S	Usado para adubações de azoto genéricas
Single superphosphate, as P ₂ O ₅ , at regional storehouse/ RER S	Usado para adubações de P ₂ O ₅ genéricas e como superfosfato 18% nas pastagens (PPBRL)
Potassium chloride, as K ₂ O, at regional storehouse/ RER S	Usado para adubações de K ₂ O genéricas
Lime, from carbonation, at regional storehouse/ CH S	Usado para o calcário dolomítico nas pastagens (PPBRL)
Borax, anhydrous, powder, at plant/ RER S	Usado como Borax nas pastagens (PPBRL)
Zinc monosulphate, ZnSO ₄ .H ₂ O, at plant/ RER S	Usado como sulfato de zinco nas pastagens (PPBRL)

AV.2.3 Transporte de materiais e produtos e operações mecânicas

Sob a categoria de transporte inclui-se tanto o transporte de culturas a nível internacional como as operações mecânicas efetuadas para as culturas constantes nas folhas de cultura. Assim, os dados usados para as principais operações mecânicas são apresentadas nas Tabela 28, Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 33. No que se refere ao transporte de sementes e adubos quer dentro da exploração, quer fora da exploração, os dados usados encontram-se nas Tabela 29 e Tabela 32. Os dados referentes ao transporte internacional são apresentados na Tabela 37.

AV.2.4 Emissões da atividade agrícola

Do azoto introduzido no solo, quer por fertilização, estrume, resíduos de agricultura ou pelo gado a pastar, parte dele é volatilizado em amónia ou óxidos de azoto, que depois se depositam no solo e são nitrificados em óxido nitroso; parte é nitrificada/desnitrificada diretamente em óxido nitroso; e parte é lixiviada do solo, posteriormente sendo nitrificada/desnitrificada em óxidos de azoto. O Anexo AIV.1 apresenta uma descrição do processo e a Tabela 39 uma descrição dos fatores de emissão do azoto no solo para amónia (volatilização), óxido nitroso (nitrificação/desnitrificação direta) e azoto lixiviado. O IPCC (2006) apresenta os fatores de emissão para estimar o óxido de azoto proveniente da volatilização e da lixiviação. Assim, a Tabela 48 apresenta os valores apresentados pelo IPCC (2006) combinados com os valores da Tabela 39.

Tabela 48. Fatores de emissão de azoto introduzido no solo para N₂O

Gás	Processo	Valor	Unidades
N ₂ O	Volatilização	0,00016	kg N ₂ O/kg N fert
N ₂ O	Direto	0,01768	kg N ₂ O/kg N fert
N ₂ O	Lixiviação	0,00354	kg N ₂ O/kg N fert

Fonte: IPCC (2006)

Para determinar as emissões de óxido nitroso devido à nitrificação/desnitrificação do azoto introduzido no solo devido à incorporação dos resíduos agrícolas nos solos usou-se os valores já obtidos para o balanço do azoto (Anexo AIV.1) convertidos para massa de óxido nitroso (28 kg de azoto correspondem a 44 kg de óxido nitroso). Assim, a quantidade de óxido nitroso devido à incorporação dos resíduos agrícolas nos solos é apresentada na Tabela 49.

Tabela 49. Emissões de N₂O da incorporação de resíduos agrícolas nos solos

N ₂ O emitido	
(kg N ₂ O)	
Arroz	0,16
Milho	0,14
Tomate	0,16
Laranja	0,00
Olival	0,04
Brócolo	0,01

As emissões de metano decorrentes da inundação de terrenos devido à produção de arroz são determinadas com base na metodologia apresentada pelo IPCC (2006) e os dados nacionais em APA (2012b). Segundo estes, as emissões de metano ($E_{arroz_{CH_4}}$) são dadas por: , onde FE é o fator de emissão de metano por área de arroz e A_{arroz} é a área de arroz. O fator de emissão é dado por , onde E_{fc} é o fator de emissão sazonal referente a inundações continuadas, sem corretivos orgânicos, SF_w é o fator de escala para determinado tipo de gestão de água e condições ecológicas e hidrológicas, SF_o é o fator de escala para refletir os corretivos orgânicos adicionados ao solo e SF_s é o fator de escala para o tipo de solo. Os dados usados são apresentados na Tabela 50.

Tabela 50. Emissões de metano de terrenos inundados

Área de arroz	(ha)	0,15
Fator de emissão	(kg CH ₄ /m ²)	0,04
E _{tc}		0,03
SF _w		1,00
SF _o		1,10
SF _s		1,00
Emissão metano	(kg/ha)	54,17
Emissão metano	(kg/t)	8,33

AV.2.5 Emissões de animais em pasto

No que respeita às emissões dos animais, as emissões contabilizadas foram: as emissões de metano provenientes da fermentação entérica, as emissões de metano e óxido nitroso provenientes da decomposição das excreções dos animais em pasto. O metano resultante da fermentação entérica foi determinado com base nos fatores de emissão de metano por cabeça, por tipo de animal, apresentados por APA (2012b), convertidos para cabeças normais (CN) e tendo em conta a proporção de animais em pasto (ver Tabela 40). Para o metano emitido pela excreção em pasto, os valores por cabeça e tipo de animal foram determinados usando a metodologia do IPCC (2006) e os dados de APA (2012). Estes valores foram depois convertidos para cabeças normais considerando ainda a proporção de animais em pasto, tal como feito para as emissões de metano da fermentação entérica.

Tabela 51. Fatores de emissão de gases de efeito de estufa de animais em pasto

Gás	Processo	Valor	Unidades
CH ₄	Fermentação entérica	70,58	kg CH ₄ /CN
CH ₄	Excreções em pastagem	237,21	kg CH ₄ /kg CN
N ₂ O	Volatilizado das excreções dos animais em pasto	0,11	kg N ₂ O/CN
N ₂ O	Nitrificado das excreções em pastagem	2,10	kg N ₂ O/CN

CN – Cabeça normal.

As emissões de óxido nitroso são de dois tipos, primeiro existe uma parte que se volatiliza em amónia ou óxidos de azoto (ver equação 5 no Anexo AIV.1), e que 1% se acaba por transformar em óxido nitroso (IPCC, 2006). O restante azoto na excreção animal fica sujeita aos processos de nitrificação/desnitrificação. Estas emissões foram determinadas com base nas taxas de excreção de azoto por tipo de animal (ver Tabela 41) descontadas da parte de azoto volatilizada; no fator de emissão de óxido nitroso de 0,02 kg N - N₂O/kg N (IPCC, 2006); o fator de conversão para cabeças normais de cada tipo de animal; e a fração de animais em pasto.

Foram depois descontadas as emissões decorrentes da importação de carne de igual quantidade de animais. As emissões para estes foram já descritas.

AV.2.6 Sequestro de gases

Para o caso do sequestro e emissões das pastagens, tem-se as emissões de óxido nitroso provenientes da nitrificação/desnitrificação do azoto sequestrado pelas leguminosas nas pastagens e o carbono atmosférico sequestrado. A nível das emissões de óxido nitroso, a quantidade de azoto foi já determinada pelo balanço do azoto ao solo. Para o sequestro de carbono, usou-se os valores apresentados em Teixeira (2010) de 6,5 t CO₂ sequestrado por ha de PPSBRL, sendo que o carbono sequestrado pelas pastagens naturais é 2,5 t CO₂ sequestrado por ha.

Tabela 52. Emissões e sequestro de gases de efeito de estufa das pastagens

	Azoto	Carbono
	(kg N ₂ O/ha)	(t CO ₂ /ha)
Naturais	1,81	0,0
PPSBRL	3,61	6,5