



INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA
STATISTICS PORTUGAL



O uso da água na agricultura

2011

Edição 2011



INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA
STATISTICS PORTUGAL

O uso da água na agricultura

2011

Edição 2011

FICHA TÉCNICA

Título

O uso da água na agricultura 2011

Editor

Instituto Nacional de Estatística, I.P.
Av. António José de Almeida
1000-043 Lisboa
Portugal
Telefone: 21 842 61 00
Fax: 21 844 04 01

Presidente do Conselho Directivo

Alda de Caetano Carvalho

Design e Composição

Instituto Nacional de Estatística, I.P.

ISBN 978-989-25-0145-1

Periodicidade monografia



808 201 808

O INE na Internet

www.ine.pt

© INE, I.P., Lisboa - Portugal, 2011 *

A reprodução de quaisquer páginas desta obra é autorizada, excepto para fins comerciais, desde que mencionando o INE, I.P., como autor, o título da obra, o ano de edição, e a referência Lisboa-Portugal.

NOTA INTRODUTÓRIA

No contexto do Recenseamento Agrícola 2009, o Instituto Nacional de Estatística, em estreita colaboração com o Instituto Superior de Agronomia, organizou a 15 de Abril de 2010 o seminário sobre o uso da água na agricultura, o qual deu origem à presente publicação.

O conhecimento estatístico do papel que hoje a agricultura desempenha na sociedade portuguesa, nas suas vertentes económica, social e ambiental, constitui um desafio sempre renovado e estimulante. Para além de um contacto permanente com as forças vivas da sociedade em busca da identificação das necessidades actuais e prospectivas dos utilizadores, o INE tem procurado aumentar a proximidade à comunidade científica, através do estabelecimento de parcerias com as Universidades e Centros de Investigação, como a que esteve na génese desta iniciativa.

Ao apresentar a publicação “O uso da água na agricultura” gostaria de expressar, em nome do Conselho Directivo do INE, o meu sincero agradecimento aos autores pelos seus valiosos contributos, a todos os que participaram activamente no seminário e, em especial aos Professores Pedro Leão e Luís Ribeiro que amavelmente acederam editar esta obra, valorizando-a técnica e cientificamente.

Maio de 2011

A presidente do Conselho Directivo,



Alda de Caetano Carvalho

PREFÁCIO

A água, desde tempos primitivos, constituiu um factor de desenvolvimento das civilizações, sendo o seu apogeu normalmente associado ao domínio de uma melhor gestão desse bem essencial à vida. Com frequência a sua pertença e exploração tem sido motivo de disputas e mesmo de guerras. Em muitos casos o declínio de sociedades e civilizações tem resultado da inabilidade desses povos em dominar a sua utilização, pelo que a água, seu uso e gestão constituem preocupação constante e crescente dos decisores políticos.

A Europa, na sua recente organização comunitária, vem reflectindo de uma forma integrada, sobre as orientações estratégicas a conferir à política de utilização da água. Naturalmente, em resultado da enorme variabilidade da disponibilidade desse factor neste extenso território, as medidas a adoptar deverão ser adaptadas às especificidades regionais.

As carências hídricas que, normalmente, se registam todos os anos no período Primavera-Verão, com uma intensidade marcada no Sul da Europa, limitam e oneram fortemente a produção agrícola. É, conseqüentemente, oportuno debater as condições de utilização da água nestas condições, procurando encontrar as melhores soluções técnicas, económicas e sociais, que tornem possível melhorar a eficiência de utilização e a qualidade da água, em resposta às preocupações ambientais.

Atento às grandes questões da actualidade nacional e visando objectivamente fomentar o debate sobre as questões acima expostas, o Instituto Nacional de Estatística, I.P. (INE), em parceria com o Instituto Superior de Agronomia (ISA/UTL), organizou no dia 15 de Abril de 2010, o seminário intitulado “*O uso da água na agricultura*”, no âmbito da realização do Recenseamento da Agricultura 2009 (RA09), com o seguinte programa:

14h15 – Abertura – Pedro Dias, Vogal do Conselho Directivo do Instituto Nacional de Estatística, I.P.

14h20 - **O uso da água na agricultura**

Moderador: Pedro Leão, Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Rural do Instituto Superior de Agronomia

14h25 – “Políticas da água na União Europeia: utilização dos dados estatísticos sobre consumo de água de rega na agricultura”, Pedro Diaz, Director da Direcção E, Estatísticas Sectoriais e Regionais, EUROSTAT

14h55 – “Metodologia para a estimativa do consumo de água de rega em Portugal - MECAR”, Pedro Leão, Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia e Ana Morais, Técnica Superior do Departamento de Estatísticas Económicas, Instituto Nacional de Estatística, I.P.

15h15 – “Gestão da água nos perímetros de rega: quantificação do uso da água e eficiências dos sistemas de rega”, José Núncio, Presidente da Federação Nacional de Regantes de Portugal

15h30 – “Água, regadio e desenvolvimento rural”, Pedro Teixeira, Chefe da Divisão de Planeamento do Regadio e de Solos, Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

15h45 – “Águas subterrâneas: disponibilidades e perspectivas de uma utilização integrada e sustentável dos recursos hídricos”, Luís Ribeiro, Professor Associado do Departamento de Engenharia de Minas e Georrecursos, Instituto Superior Técnico

16h00 – “Uso eficiente da água na agricultura”, Sofia Batista, Técnica Superior da Divisão de Planeamento, Instituto da Água, IP e Conceição Santos, Técnica Superior da Divisão de Planeamento, Instituto da Água, IP

16h15 – “Custos e disposição a pagar pela água de rega: análise com base nas contas de cultura”, Francisco Gomes da Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Economia Agrária e Sociologia Rural, Instituto Superior de Agronomia

16h30 – Pausa para café

16h45 - **Mesa Redonda - O uso da água na agricultura face às pressões ambientais, económicas e sociais**

Moderador: Manuel Carvalho, Director-adjunto do jornal Público

Composição da mesa:

António Gonçalves Henriques, Director-Geral da Agência Portuguesa do Ambiente

Armando Sevinate Pinto, Consultor para os Assuntos Agrícolas e o Mundo Rural da Presidência da República
Francisco Avillez, Prof. Emérito do Instituto Superior de Agronomia, Coordenador Científico da Agro.Ges – Sociedade de Estudos e Projectos

Isaurindo Oliveira, ex-Técnico Superior do Núcleo de Inovação e Competitividade de Beja, Direcção Regional de Agricultura do Alentejo

João Howell Pato, Investigador no Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa e na Netherlands Environmental Assessment Agency

António Manuel Campeã da Mota, Director de Serviços de Hidráulica e Engenharia Agro-Rural da Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

17h45 - Encerramento

As principais conclusões do seminário “**o uso da água na agricultura**” foram os seguintes:

- A agricultura exerce pressão sobre o meio ambiente, em particular sobre a água, em termos de quantidade e de qualidade. As medidas de política europeias e nacionais tentam promover o uso sustentável da água apoiando as boas práticas agrícolas;
- O regadio é importante para a ocupação do território nacional estimando-se que seja responsável por 0,14 postos de trabalho directos por hectare. Como tal, as políticas de desenvolvimento rural apostam na agricultura de regadio: o PRODER destina 775 milhões de euros directamente para o regadio;
- A melhoria da eficiência da utilização de água pela agricultura depende em larga medida de investimentos avultados em infra-estruturas e da adopção de métodos de rega mais evoluídos do que os tradicionalmente utilizados. Se, por um lado, a agricultura nacional enfrenta grandes dificuldades em absorver tais custos, por outro, o preço actual da água ainda não é suficientemente elevado que incentive o agricultor a uma alteração muito radical dos actuais modos de produção;
- A água possui três valores intrínsecos: um valor económico, um valor social e um valor ambiental. O valor económico da água reflecte os custos da sua disponibilização, sendo estes relativamente fáceis de calcular, já os valores ambiental e social são difíceis de determinar e normalmente ignorados. Um “mercado da água” pressupõe a determinação o preço da água que reflecta, por um lado os custos de disponibilização e, por outro, a disposição do agricultor a pagar;
- A disponibilização de informação actualizada, completa e rigorosa sobre o uso de água pela agricultura é essencial para a monitorização do estado da água em Portugal, devendo abranger as seguintes vertentes:
 - a quantidade utilizada (total e por cultura).
 - a origem da água (subterrânea ou superficial).
 - os aspectos económicos relativos ao uso da água.
 - as pressões sobre o ambiente.
 - as eficiências de utilização.

Na **Mesa redonda** debateu-se a problemática da viabilidade económica e ambiental do regadio, pois se a agricultura de sequeiro é a que menos pressões negativas exercem sobre o ambiente, é sabido que não responde suficientemente à necessidade de produção de alimentos.

Por outro lado, deve haver a consciência de que a alternativa pela importação de alimentos, para além dos aspectos negativos de agravamento da dependência económica do exterior, também pressupõe impactos ambientais à escala planetária.

Quanto à questão de saber se existe escassez de água em Portugal, concluiu-se que, contrariamente à ideia generalizada que há escassez de água no nosso país, estima-se que anualmente em Portugal sejam utilizados, por todos os sectores, apenas 20% dos recursos totais disponíveis, de águas superficiais e subterrâneas. Destes, a agricultura é responsável pelo consumo de cerca de 80%.

No entanto, foi entendido como consensual que existe um problema nacional de gestão de água que resulta do facto de haver escassez de água nos meses do ano em que ela é mais necessária para as culturas.

O verdadeiro desafio reside em conseguir disponibilizar a água onde e quando é precisa, colocando-se dificuldades sobretudo ao nível das estruturas disponíveis para a gestão dos recursos hídricos.

Em Portugal, essas dificuldades prendem-se em grande parte com o deficiente planeamento e concepção das estruturas públicas de rega, que nem sempre é a mais adequada à utilização agrícola que se pretende fazer, originando desperdícios dos recursos nacionais.

Em resultado deste Seminário, da qualidade das suas comunicações e da riqueza das conclusões obtidas, foi decidido proceder à organização e publicação desses conteúdos.

Os editores não podem deixar de sublinhar o papel destacado da Eng^a Ana Morais, do INE, em todo este processo, que se iniciou com a organização do Seminário, com a recolha e tratamento de todos os textos e que culmina com esta publicação. Os nossos agradecimentos por este apoio competente e entusiasmado, sem o qual certamente não haveria lugar à presente edição.

Por último queremos saudar as instituições envolvidas, INE e ISA/UTL, pela decisão tomada, que veio viabilizar a difusão de tão crucial e importante contribuição para uma melhor utilização da água na agricultura em Portugal.

Lisboa, Maio de 2011



Pedro Leão de Sousa
Prof. ISA/UTL



Luís Ribeiro
Prof. IST/UTL

(Editores)

ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA	3
PREFÁCIO	4
USO DA INFORMAÇÃO ESTATÍSTICA NAS POLITICAS EUROPEIAS DA ÁGUA USE OF STATISTICAL DATA FOR EUROPEAN WATER POLICIES	9
MECAR – METODOLOGIA PARA A ESTIMATIVA DE ÁGUA DE REGA EM PORTUGAL MECAR - METHODOLOGY TO ESTIMATE THE IRRIGATION WATER CONSUMPTION IN PORTUGAL	17
GESTÃO DE ÁGUA NOS PERÍMETROS DE REGA: QUANTIFICAÇÃO DO USO DA ÁGUA E EFICIÊNCIAS DOS SISTEMAS DE REGA WATER MANAGEMENT IN COLLECTIVE IRRIGATION DISTRICTS: WATER USE QUANTIFICATION AND IRRIGATION SYSTEMS EFFICIENCY	43
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: DISPONIBILIDADES E PERSPECTIVAS DE UMA UTILIZAÇÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS GROUNDWATER: AVAILABILITY AND PROSPECTS FOR AN INTEGRATED AND SUSTAINABLE USE OF WATER RESOURCES	55
USO EFICIENTE DA ÁGUA NA AGRICULTURA EFFICIENT WATER USE IN AGRICULTURE	67
CUSTOS DE DISPONIBILIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO A PAGAR PELA ÁGUA DE REGA: METODOLOGIA DE ANÁLISE COSTS OF DELIVERY AND WILLINGNESS TO PAY FOR IRRIGATION WATER: METHODOLOGY	83



USO DA INFORMAÇÃO ESTATÍSTICA NAS POLÍTICAS EUROPEIAS DA ÁGUA

USE OF STATISTICAL DATA FOR EUROPEAN WATER POLICIES

Autor:

Pedro Díaz Muñoz

Director of Sectoral and Regional Statistics, Eurostat

Resumo

Este trabalho concentra-se em quatro aspectos. Em primeiro lugar, refere a pressão que a agricultura exerce sobre os recursos hídricos e como esse processo se reflecte nas alterações climáticas. Em segundo lugar, inclui uma breve abordagem dos aspectos de política e legislação. Em terceiro lugar, descrevem-se as diferentes fontes de informação e a disponibilidade de dados, a nível da UE, sobre o uso e a qualidade da água. Finalmente, assinalam-se alguns dos desafios que actualmente se enfrentam quando se tenta desenvolver um sistema europeu de estatísticas da água.

Palavras-chave: agricultura; rega; irrigação; qualidade da água; Índice de exploração de água; alterações climáticas; Política Agrícola Comum (PAC); Sistema de Informação sobre a Água para a Europa (WISE); captação de água; legislação sobre a água; indicadores agro-ambientais.

Abstract

This paper does focus on four aspects. Firstly it describes the pressure on water from agriculture and includes a reflection on the impact of climate change in this process. Secondly, it includes a quick look into policy and legislation aspects. Thirdly, it describes the different available data sources at EU level in what concerns water use and water quality, in particular, data availability aspects. Finally, some of the challenges we are currently facing when trying to develop a system of statistics on water in Europe are signalled.

Key-words: agriculture; water quality; irrigation; Water Exploitation Index (EEA); climate change; Common Agricultural Policy (CAP); Water Information System for Europe (WISE); water abstraction; water legislation; agro-environmental indicators.

1. IMPACTS OF AGRICULTURE ON WATER

Pressures are by far the most important impacts of agriculture on water. These pressures are exerted on quality and on quantity. In general quality and quantity are interconnected. For instance, a decrease in quantity due to irrigation may entail a decrease in quality due to salinisation:

1.1 IMPACTS ON WATER QUALITY

- The main impacts on water quality are :Pollution by nutrients (nitrates, phosphates) leading to eutrophication
- Pollution by pesticides
- Pollution by heavy metals (cadmium, copper) from application of sewage sludge and manure
- Sediments from erosion increasing turbidity of water
- Salinisation due to decrease of water quantity (see below)

1.2 IMPACTS ON WATER QUANTITY

Irrigation and drainage can affect level of groundwater table

It should be noted that agriculture may have a positive environmental impact in some cases, although to a lesser extent. Examples of this are:

- Irrigation projects entailing the creation of wetland areas (benefits for biodiversity, and prevention and reduction of pollution)
- Establishment and management of rice fields providing feeding and overwintering for birds

The figures 1 and 2 pictures aim at giving a quantitative idea of the impact on water quantity:

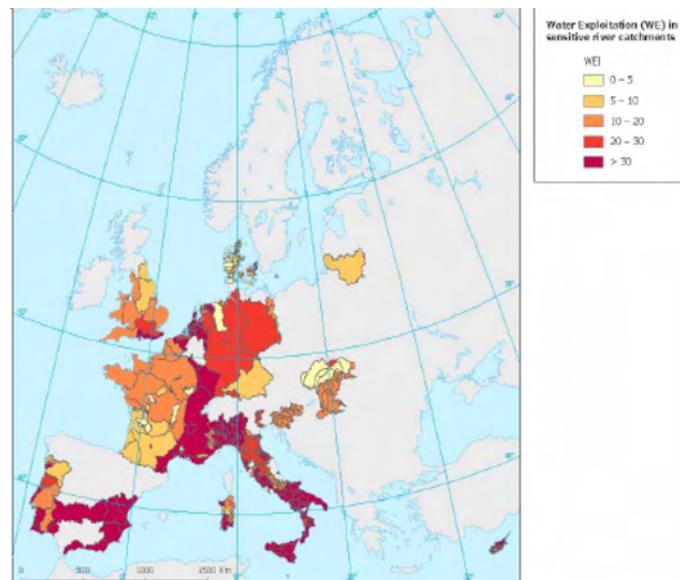


Figure 1 – Water exploitation (WE) in sensitive river catchments in Europe (annual abstraction as a percentage of the long-term resource)

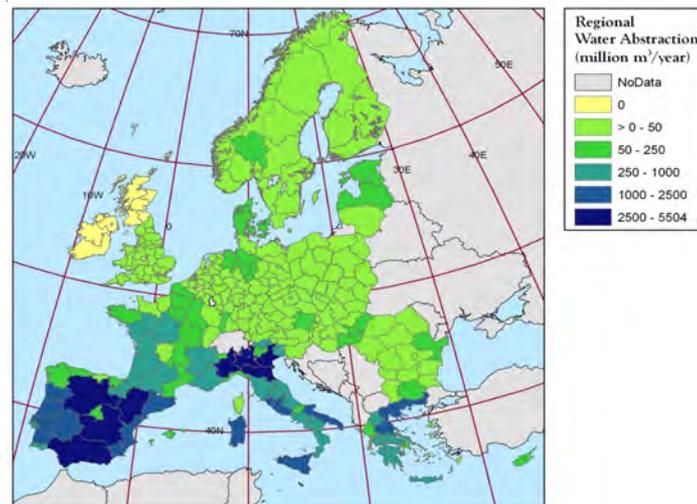


Figure 2 – Regional water abstraction in Europe

Quoting the European Commission White paper “Adapting to climate change in Europe”, Climate Change will cause significant changes in the quality and availability of water resources, affecting many sectors including food production, where water plays a crucial role. More than 80% of agricultural land is rain-fed. Food production also depends on available water resources for irrigation. Limited water availability already poses a problem in many parts of Europe and the situation is likely to deteriorate further due to climate change, with Europe’s high water stress areas expected to increase from 19% today to 35% by the 2070s. This could also increase migration pressures. As a more extreme effect, the areas affected by drought will increase and worldwide water scarcity will affect between 1.1 and 3.2 billion people.

2. POLICY AND LEGISLATION

First of all it is important to focus on policy aspects. At EU level these are obviously related to the instruments designed under the pillars of the Common Agricultural Policy (CAP).

2.1 CAP INSTRUMENTS RELATED TO WATER. PILLAR 1

The CAP instruments of Pillar 1 are:

- **Cross-compliance:** The Nitrates and Groundwater Directives are among the 19 Statutory Management Requirements to be respected by farmers. Reduction or cancellation of payments in case of non-respect.
- **Modulation:** Transfer of Pillar I budget towards Rural Development.
- **Single Farm Payment decoupled from production:** Reduction of incentive to intensification, including irrigation.

2.2 CAP INSTRUMENTS UNDER PILLAR 2. MEASURES HELPING TO IMPROVE QUALITY AND MANAGEMENT OF WATER:

The CAP instruments of Pillar 2 are:

- **Agri-environment:** Payment for environmental service going beyond reference level, e.g. reduction of agricultural inputs.
- **“Meeting standards” measure:** Temporary, digressive support for applying newly introduced requirements stemming from EU legislation.
- **Investments:** Support for farm modernisation, including improvement of irrigation network.
- **Training and use of advisory services.**
- **Payments linked to Water Framework Directive:** available when implementing rules adopted.

2.3 MAIN LEGISLATION AND OTHER INITIATIVES RELATED TO WATER

Below are listed the main legislation and other initiatives from the EU related to water:

- Water Framework Directive (2000/60): Adopted in 2000, this directive provides the overall framework addressing quality and quantity aspects
- Nitrates Directive (91/676): Targeted to the prevention and restoration of pollution of waters by nitrates (and phosphates indirectly)
- Environmental Impact Assessment Directive (85/337): This directive establishes that irrigation projects may be subjected to an environmental impact assessment if Member States so decide.
- Communication on water scarcity and droughts (COM (2007) 414)
- White paper « Adapting to climate change in Europe – Options for EU action » (COM(2009) 147)

3. DATA SOURCES IN THE EU

Four main data sources in the EU must be referred.

3.1 WATER INFORMATION SYSTEM FOR EUROPE (WISE)

3.1.1 Historical Development

WISE was initiated in 2003 by the European Commission under the initiative of DG Environment with the purpose of developing a modern host for the data expected under the Water Framework Directive (WFD). It was considered a joint project of the 'Group of 4' (DGs Environment, Eurostat, The Joint Research Centre (JRC) and the European Environment Agency (EEA).

WISE was launched to the public on 22 March 2007 and in 2010 has become the website of the European Water Data Centre hosted by the EEA.

3.1.2 Thematic Coverage

WISE covers the following information items:

- Reporting under water-related European legislation
 - Water Framework Directive
 - Bathing Water Directive
 - Nitrates Directive
 - Urban Wastewater Treatment Directive
- State-of-the-Environment information obtained by the EEA by its network of national correspondents (EIONET)
- Information on European water policies
- Water Statistics generally provided by Eurostat
- Results of research projects (WISE-RTD)

3.1.3 Eurostat and WISE

Eurostat plays an important role as expertise and data supplier to WISE. In particular the expertise is provided in the area of Geographical Information Systems (GIS) as technical advice and support in the implementation of INSPIRE rules. The data supply is facilitated through the implementation of a link to Eurostat Water Statistics in the reference database. In addition, a bidirectional data link is currently under development. This will enable on one hand, access to EUROSTAT water statistics with WISE tools and services and on the other, filling of EUROSTAT questionnaires with relevant data already stored in WISE.

3.2 OECD – Eurostat Joint Questionnaire (JQ)

This questionnaire was first developed by the OECD in the early 1980's and subsequently, it was joined by Eurostat in the early 1990's. It has become the world standard for water statistics.

It covers several domains: waste, water, land use, wildlife in a biennial collection of yearly data for national territories of countries EU + CC + EFTA + neighbours (+ OECD).

Schematically, the contents of the JQ can be divided in nine tables as follows:

- Water Resources (table 1)
- Water Abstraction (table 2)
- Water Use (table 3)
- Wastewater Treatment (tables 4, 6 and 7)
- Water Quality of Rivers and Lakes (tables 8 and 9)

For illustration, table 1 is developed below

Tab. 1: Water use by supply category and user

	ISIC/NACE	2007
Losses during transport (26)		
TOTAL		
Evaporation losses		
Leakage		
Public water supply (16).		
Population connected to public water supply (%)		
TOTAL		
of which used by:		
* Agriculture, forestry, fishing	(01-05)	
* All industrial activities	(10-45)	
of which for:		
- Mining and quarrying	(10-14)	
- Total manufacturing industries	(15-37)	
of which for cooling purposes (18)		
- Production and distribution of electricity	(40.1)	
of which for cooling purposes (18)		
* Private households		
* Services	(50-93)	
Self supply (27)		
TOTAL		
of which used by:		
* Agriculture, forestry, fishing	(01-05)	
of which for : Irrigation purposes (17)		
* All industrial activities	(10-45)	
of which for:		
- Mining and quarrying	(10-14)	
- Total manufacturing industries	(15-37)	
of which for cooling purposes (18)		
- Production and distribution of electricity	(40.1)	
of which for cooling purposes (18)		
* Private households		
* Services	(50-93)	
Other supply (28)		
TOTAL		
of which used to:		
* Agriculture, forestry, fishing	(01-05)	
of which for : Irrigation purposes (17)		

It is worth noting that the collection of data of the JQ is not obligatory for Member States. As a result, the availability of data varies substantially for different countries and is very low in some cases. It must be outlined the very limited supply of data from Portugal as illustrated in figure 3.

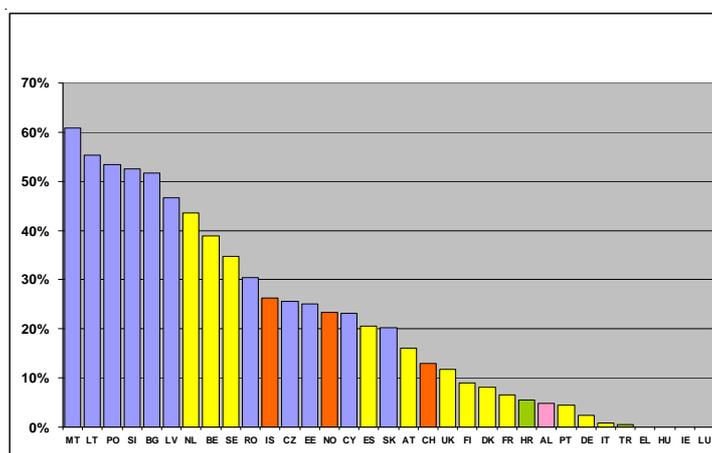


Figure 3 – Reply rates JQ Inland Waters tables 1-6 (2003-2005)

3.3 WATER RELATED INDICATORS IN THE AGRO-ENVIRONMENTAL INDICATORS (AEI) COLLECTION

The AEI is a set of indicators which measure the cross relation between agriculture and environment. They have been adopted by the Standing Committee on Agriculture Statistics and the analysis of availability and specific collection is currently ongoing. These indicators related to water are briefly described in terms of availability and quality aspects:

- AEI 20 – Water abstraction (Share of agriculture in water use)
 - Data are coming from the OECD/Eurostat Joint Questionnaire, but are generally thought to be of low quality.
 - In order to get better data, an estimate on water used in irrigation could be made in the Survey on Agricultural Production Methods. Most estimations will be based on modelling combining meteorological conditions with crop requirements and irrigation methods.
- AEI 27.1 and 27.2 - Water quality – Nitrate pollution, Pesticide pollution
 - Data are collected by the European Environmental Agency through their national correspondents.
 - Data come from a system of stations all over Europe, set in place to monitor the implementation of the Water Framework Directive.
- AEI 7 – Irrigation
 - Indicator is mature as it is defined at present and conceptual or model improvements are not needed.
 - Main data source is the Farm Structure Survey (FSS), so the data are available at a regional level.
 - The main problem is how to cover for the fact that the actual irrigated areas vary a lot from year to year, and the FSS is carried out only every third year. Annual data would be better.

3.4 WATER RELATED QUESTIONS IN THE FSS

The FSS provides the following data related to water:

- Irrigable and irrigated areas, since 1980
- Irrigated crops, since 1990
- Water source (on-farm ground water, on-farm surface water, off-farm surface water from natural sources, off-farm water from water supply infrastructures), since 2003
- Irrigation methods (surface irrigation, sprinkler irrigation, drip irrigation), since 2003
- Estimation of the volume of water used for irrigation in the Survey on Agricultural Production Methods currently carried out jointly with the Agricultural Census.

3.5 WATER ACCOUNTS – ROADMAP

Within the European Strategy for Environmental Accounts, adopted by the Statistical Programming Committee in November 2008, there is a module devoted to water accounts. This module is in the preliminary stages. The roadmap is as follows:

- Develop a set of physical supply-use tables (PSUTs) for water flows plus emissions to water. For this purpose a Task Force will meet on 22-23 Sept 2010
- Populate water tables based on existing water statistics
- Identify the gaps which are expected to be significant
- Develop standard methods to solve and fill gaps (calculation tools, other sources for water data)
- Proposal for and decision on a legal base

It is difficult to foresee at this stage when this module will be mature for a legal base, it can be anticipated that it will not be before 2012.

4. CHALLENGES

Some points can be summarised on the challenges that we are facing in what concerns water policies and their data needs.

First, it is clear that pressures on water (quality and quantity) are increasing. This is due primarily to water use, mainly in the agricultural activity; but also to the impact of climate change.

Second, there is a set of important policy initiatives that require adequate data for their monitoring. This puts pressure on the statistical organisations that have to develop and improve their data production processes.

Third, in this domain there is a large number of actors that participate in data production. There is a corresponding risk of duplication and incoherence of the information.

Fourth, as a consequence of the former point, there is also a diversity of the quality of the information. A specific aspect of the quality that is quite deficiently covered is the data availability which is low even for some of the countries more concerned by water quality and quantity.

And fifth, there is also a diversity of ways to produce the data. This is reflected in a host of data methodologies ranging from modelling to observation in situ and GIS.

Is the author's conviction that some of the actions mentioned in this paper will help to overcome these challenges.



**MECAR -
METODOLOGIA PARA
A ESTIMATIVA DE
ÁGUA DE REGA EM
PORTUGAL**

**MECAR -
METHODOLOGY TO
ESTIMATE THE
IRRIGATION WATER
CONSUMPTION IN
PORTUGAL**

Autores:

Pedro Leão

Professor Catedrático do ISA/UTL

Ana Morais

Técnica Superior de Estatística do INE

Resumo

No âmbito do sistema europeu de indicadores agro-ambientais, o Conselho da União Europeia reconheceu a necessidade de dispor de dados comparáveis sobre as actividades agrícolas, especialmente no que diz respeito às práticas de gestão agrícola e ao uso dos factores de produção agrícola, nomeadamente ao uso da água para rega, tendo ficado esse princípio consignado no texto do regulamento (CE) 1166/2008. Para dar resposta a esta obrigação legal, estabeleceu-se uma parceria entre o INE e o ISA/CENTROP no sentido de desenvolver a MECAR - *Metodologia para a Estimativa de Água de Rega em Portugal*. Após a abordagem comparativa de diferentes metodologias alternativas, considerou-se que a utilização de modelos de estimação com base no balanço hídrico seria a via mais adequada para alcançar os objectivos propostos.

A metodologia assentou no balanço hídrico do solo, o qual é efectuado pelo modelo matemático ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992 e Teixeira, 1994), que se fundamenta no procedimento da FAO (Doorenbos e Pruit, 1977 e Doorenbos e Kassam, 1979) para a determinação das necessidades hídricas das culturas, às quais se aplicam factores de correcção da perda de eficiência que derivam das características dos sistemas de rega utilizados e das condições de rega, nomeadamente da sua gestão pelos respectivos proprietários.

A validação dos resultados produzidos pela MECAR, para comprovar que os volumes obtidos por simulação se situavam próximo dos valores reais, considerou-se satisfatória. É, contudo, recomendado que uma segunda validação seja realizada, confrontando os valores anuais simulados com os dados registados por associações de regantes e agricultores individuais para o mesmo período de referência.

A aplicação da MECAR aos dados reais do IE 2007 constituiu um teste à operacionalidade desta solução que se revelou adequada, pois permitiu obter informação credível e compatível com os requisitos do regulamento.

Palavras-chave: balanço hídrico do solo, necessidades hídricas das culturas, ISAREG, água de rega, agricultura, eficiência, sistemas de rega, volume de água de rega, factores de correcção da eficiência

Abstract

Under the European system of agri-environmental indicators, the Council of the European Union recognized the need for comparable data on agricultural activities, especially with regard to farm management practices and use of agricultural inputs, including the use of irrigation water, having been enshrined this principle in the Regulation (EC) 1166/2008. To meet this legal requirement, established a partnership between the INE and ISA / CENTROP to develop the MECAR - *Methodology for Estimating Irrigation Water in Portugal*. After the comparative approach of different methodologies, it was considered that the use of estimation models based on water balance would be the best approach to achieve these objectives.

The methodology was based on soil water balance, which is done by the mathematical model ISAREG (Teixeira and Pereira, 1992 and Teixeira, 1994), which is based on the procedure of the FAO (Doorenbos and Pruit, 1977 and Doorenbos and Kassam, 1979) determining the water requirements of crops, which apply correction factors for loss of efficiency that stem from the characteristics of irrigation systems used and the conditions of irrigation, particularly in their management of their respective owners.

The validation of results produced by MECAR, to prove that the volumes obtained by simulation were located close to the actual values, it was considered satisfactory. However, it is recommended that a second validation be performed, comparing the annual simulated data recorded by the irrigation farmers associations and individual farmers for the same period.

The application of MECAR to actual data from IE 2007 is an operational test of this solution is adequate as it allowed to obtain reliable information and consistent with the requirements of the regulation.

Key-words: soil water balance, crop water requirement, ISAREG, irrigation water, agriculture, efficiency, irrigation systems, irrigation water volume, efficiency correction factors

Tabela 1 - Volume de água de rega consumido por cultura (IE 2007)

Cultura	Nº de ocorrências	Volume (m ³ /ha)		
		Médio	Máximo	Mínimo
Arroz	80	21.169,7	666.666,7	11,0
Azeitona azeite	5	109.934,8	545.454,5	12,0
Batata	1	2.459.726,5	2.459.726,5	2.459.726,5
flores ar livre	3	74.165,3	180.740,0	1.975,8
hortícolas ar livre	19	108.470,5	1.162.162,8	810,8
Kiwis	3	3.435,9	4.307,7	3.000,0
Laranjeiras	15	3.298.604,8	49.411.764,7	0,5
Macieiras	2	24.666,7	40.000,0	9.333,3
Milho	17	8.979,6	57.750,0	3.100,0
Nogueiras	1	14.285,7	14.285,7	14.285,7
Outras temporárias	1	7.106,4	7.106,4	7.106,4
Outros citrinos	1	2.792,0	2.792,0	2.792,0
Outros subtropicais	1	9.000,0	9.000,0	9.000,0
Pastagens permanentes	16	41.286,5	530.406,5	167,5
Pereiras	2	1.767,1	2.734,2	800,0
Pessegueiros	2	850,0	858,9	841,2
Prados	17	38.374,8	530.406,5	1,0
propagação	2	4.153,1	6.886,8	1.419,4
Tangerineiras	6	8.237.682,3	49.411.764,7	2.070,9
Total permanentes	35	6.704,9	96.686,9	1,3
Total temporárias	38	123.645,7	4.383.160,7	3,8
Vinha	5	738,0	2.480,0	37,5
Total	272	413.236,9	49.411.764,7	0,53

Os eventuais erros de observação e/ou de registo informático podem ter sido desencadeados pelo próprio produtor (por exemplo, por não ter procedido ao correcto registo do volume de água de rega) ou pelo entrevistador (eventualmente teriam que ser amplamente melhorados os documentos de suporte à recolha destas variáveis - manual de instruções, questionário, validações, etc.).

Mesmo quando se eliminam os registos extremos em cada cultura, obtêm-se valores que, apesar de mais aceitáveis, apresentam ainda problemas de credibilidade em alguns casos, nomeadamente nas “flores” e “hortícolas de ar livre” e “macieiras”.

Os resultados alcançados permitiram tirar algumas conclusões:

- o número e a distribuição geográfica dos produtores agrícolas que, dada a amostra total do IE 2007, declararam registar o volume de água de rega parecem ser claramente insuficientes para que se possa constituir uma amostra representativa do universo das explorações com rega.
- a fiabilidade dos resultados alcançados por esta via é questionável, suscitando algumas dúvidas sobre a origem dos erros encontrados. Para uma mesma cultura observaram-se dotações de água por hectare muito diferentes entre explorações agrícolas, mesmo quando estas se encontravam situadas na mesma zona geográfica.
- a opção pela eventual implementação, nos inquéritos às explorações agrícolas, da inquirição directa destas variáveis aos agricultores não evitaria que, mesmo assim, se tivesse que recorrer a outros métodos complementares e até correctivos de forma a obter a informação necessária.

2.2. RECOLHA DE DADOS ADMINISTRATIVOS

Nesta abordagem equacionou-se a possibilidade de obtenção dos dados através das associações de regantes em actividade no país.

Efectivamente, segundo a Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), existem no território continental de Portugal cerca de 30 associações de regantes distribuídas geograficamente da seguinte forma:

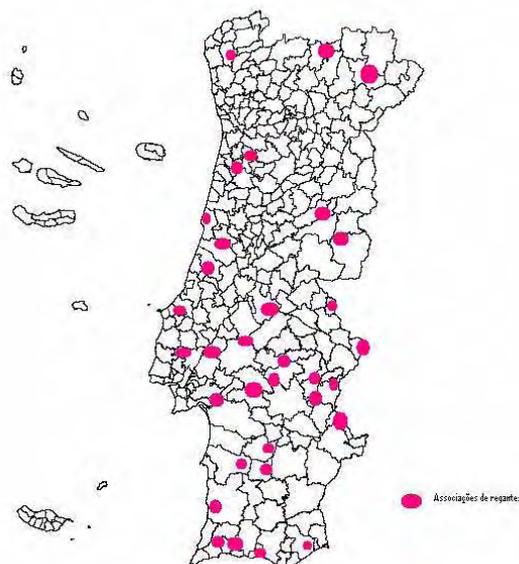


Figura 1: Distribuição geográfica das Associações de Regantes.

Como se pode constatar, verifica-se uma concentração destas associações nas regiões mais a sul, nomeadamente no Ribatejo, Alto Alentejo e Algarve. Nas regiões Norte e Centro que, segundo o IE 2007, reuniam cerca de 75% das explorações com rega e mais de 50% da superfície total irrigável, estas associações são praticamente inexistentes.

Efectivamente, em todo o país, apenas cerca de 13700 produtores agrícolas declararam utilizar o sistema de rega “Colectivo Estatal” e, destes, menos de 8000 o utilizavam exclusivamente para regar as suas terras. Os restantes recorriam também aos sistemas “Colectivo Privado” e “Individual”.

O recurso por via administrativa aos dados detidos por estas associações acabou por revelar-se inviável, quer porque no seu conjunto apresentavam um insuficiente grau de cobertura do território nacional, quer pela extrema dificuldade da sua obtenção ao nível individual dos respectivos associados. Não estariam asseguradas, por esta via, as características exigidas pelo regulamento UE.

Constatou-se, ainda assim, que as associações de regantes são detentoras de informação agregada sobre as dotações reais médias de água de rega por cultura nos respectivos perímetros de actuação, que podem ser utilizadas na validação das estimativas a obter.

2.3. UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE ESTIMAÇÃO COM BASE NO BALANÇO HÍDRICO

A utilização de um modelo com base no balanço hídrico pressupõe a “construção” desse resultado a partir das necessidades hídricas específicas das culturas.

Se se conhecerem todas as entradas e saídas de água referenciadas à superfície ocupada por determinada cultura, pode-se estimar o volume de água que teoricamente deverá ser disponibilizado para satisfazer as necessidades hídricas das plantas em causa, tendo como objectivo a obtenção de determinada produtividade.

Contudo, esse “*output*” não corresponde exactamente ao resultado pretendido pois há ainda necessidade de afectar o volume de água a disponibilizar às plantas com factores de perda de eficiência relativos aos diferentes procedimentos de rega (adequação dos sistemas e dos métodos utilizados).

Algumas características ao nível das explorações e dos gestores agrícolas desempenham um papel reconhecidamente relevante na implementação de tais procedimentos, conduzindo a maior ou menor eficiência da aplicação da água de rega.

Os graves constrangimentos relatados nos casos da inquirição directa dos produtores agrícolas e na recolha de dados administrativos, condicionaram fortemente a selecção da metodologia a seguir. A utilização de um modelo de estimação demonstrou ser a única alternativa viável e de qualidade entre as que foram analisadas.

A escolha desta metodologia teve por base os seguintes pressupostos:

- Disponibilidade de um modelo matemático de cálculo do balanço hídrico do solo, adaptado às condições nacionais – modelo ISAREG (Teixeira & Pereira 1992);
- Disponibilidade dos dados climáticos de base com a cobertura adequada do território nacional;
- Disponibilidade das áreas relativas a todas as culturas regadas e respectivos sistemas de rega, por exploração (inquéritos às explorações agrícolas);
- Disponibilidade de informação sobre as características das explorações e gestores agrícolas (inquéritos às explorações agrícolas).

3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA SELECIONADA

3.1. INTRODUÇÃO

Na impossibilidade de se obterem informações fidedignas por via administrativa ou a partir dos inquéritos realizados às explorações agrícolas, por falta de quantificação sistemática dos volumes de água de rega aplicada por cada agricultor, colocou-se o desafio de elaborar uma metodologia que permitisse obviar essa lacuna.

Desde logo se apresentou como eixo central dessa metodologia o conhecimento das necessidades hídricas das diferentes culturas beneficiadas. Mas, para além dessa avaliação, normalmente baseada na estimativa da evapotranspiração, é necessário conceber um modelo que permita considerar os procedimentos de rega adoptados pelo agricultor ao longo de toda uma época de rega.

Assim, a metodologia proposta para a estimativa do cálculo do volume de água de rega consumida em cada exploração, assentou no balanço hídrico do solo, o qual é efectuado pelo modelo matemático ISAREG, que se fundamenta no procedimento da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977 e Doorenbos e Kassam, 1979) para a determinação das necessidades hídricas das culturas.

Este programa exige um conjunto de dados de entrada, em particular informação sobre solos, precipitação efectiva, evapotranspiração, dados sobre as culturas e conteúdo de água no solo.

A simulação para cada uma das distintas condições meteorológicas considera uma textura de solo representativa e as respectivas culturas de cada uma dessas zonas.

Posteriormente, o valor gerado pelo modelo para cada cultura tem de ser afectado por uma eficiência de rega, resultante das características do sistema de rega e da capacidade técnica do agricultor.

Uma vez conhecida a área de cada exploração agrícola, é finalmente gerado um valor de volume de água de rega correspondente.

As simulações são efectuadas com base nos valores históricos de evapotranspiração, precipitação e de conteúdo de água no solo (valores médios decendiais), obtendo-se assim, *a priori*, uma previsão dos volumes de água de rega a consumir anualmente. *A posteriori*, será então possível realizar simulações anuais com os dados meteorológicos actuais, de forma a corrigir eventuais desvios e melhor se precisar a estimativa do volume de água de rega consumido nesse ano em Portugal.

3.2. O MODELO ISAREG

3.2.1. Princípios teóricos

Doorenbos e Pruitt (1977) definiram as **necessidades hídricas das culturas** (*crop water requirements*) como a quantidade de água, expressa em altura [*mm*], necessária para fazer face à água perdida através da evapotranspiração de uma cultura isenta de doenças, crescendo numa parcela extensa, sem restrições relativas à água e ao solo, incluindo a fertilidade, e atingindo a produção potencial para o ambiente em que se encontra.

A determinação das necessidades hídricas das culturas consiste em conhecer qual o consumo de água, ao longo do tempo, de uma parcela de terreno caracterizada por um solo, uma cultura, rotação ou sucessão de culturas num certo clima (Carreira, 1997).

O procedimento da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977 e Doorenbos e Kassam, 1979) para a determinação das necessidades hídricas das culturas baseia-se na realização de um balanço simples de água no solo. O modelo ISAREG é um exemplo de um modelo matemático que aplica esta metodologia, conforme se descreve em Teixeira e Pereira (1992), calculando as necessidades de água das culturas, tal como as necessidades de rega.

3.2.2. Funcionamento e utilização prática

O modelo efectua, ao nível da parcela e para toda a época de rega, o balanço hídrico. Este efectua-se num prisma do solo de área unitária e altura variável com a profundidade radicular.

Este modelo responde a um vasto leque de aplicações (Teixeira, 1994) relativas a um sistema cultura-solo-clima, como sejam:

1. calendarizar, *à priori*, a rega, determinando a oportunidade e o volume de cada rega, a quebra de produção e o caudal fictício contínuo;
2. determinar as **necessidades de rega** de uma cultura;
3. avaliar um certo calendário de rega; e
4. definir os parâmetros de projecto de rega, mediante a construção de séries estatísticas com os valores das necessidades de rega e do caudal fictício contínuo.

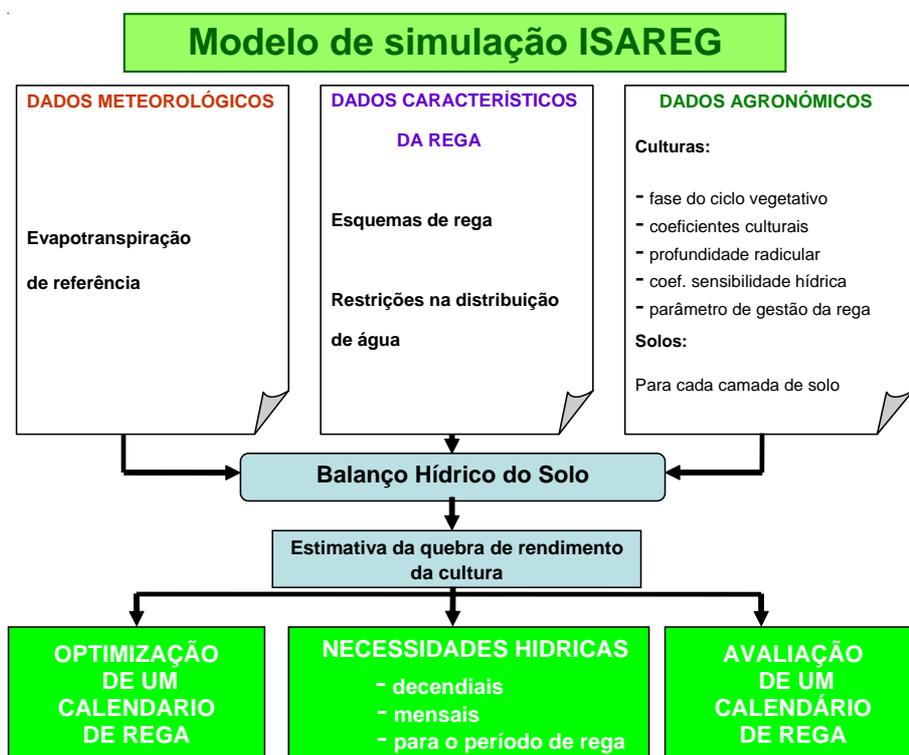


Figura 2: Esquema de funcionamento do modelo ISAREG

Para simular o balanço hídrico, o modelo requer a construção prévia de uma estrutura de ficheiros de dados, quer agronómicos (culturais e pedológicos), quer meteorológicos (evapotranspiração de referência e precipitação efectiva), quer característicos da rega. Foi utilizada a versão 1.2 Windows do modelo ISAREG, WINISAREG (Pereira *et al*, 2003).

3.2.3. Dados de entrada (“input”)

A informação que é necessário fornecer ao modelo inclui:

1. Dados meteorológicos: precipitação efectiva, P [mm], e evapotranspiração de referência, ET_0 [mm], ou os dados climáticos necessários ao cálculo da ET_0 .

2. Dados culturais relativos às datas das fases do ciclo cultural, e respectivos coeficientes culturais (K_c); profundidade radicular Z_r [m]; fracção da água do solo esgotável sem provocar stress hídrico (ρ); e factor de resposta da cultura ao défice hídrico (K_y).
3. Dados das características pedológicas, referentes às múltiplas camadas do solo: relativo a cada camada; a respectiva profundidade d [m]; conteúdo de água do solo à capacidade de campo θ_{FC} [$mm\ mm^{-1}$] e no ponto de emurchecimento θ_{WP} [$mm\ mm^{-1}$].
4. Dados relativos à ascensão capilar e à percolação, quer os valores para o cálculo simplificado, quer os valores dos parâmetros para calcular a contribuição da toalha freática G_c [$mm\ dia^{-1}$] e a percolação profunda DP [$mm\ dia^{-1}$] por métodos paramétricos.
5. Dados sobre as opções de rega.
6. Dados sobre a restrição de água, referentes às restrições impostas aos esquemas simulados relativamente aos volumes de água disponíveis e aos períodos em que estes estão disponíveis.

3.2.3.1. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados para o cálculo do balanço hidrológico (média da evapotranspiração potencial (FAO-PM), precipitação total e teor de água no solo) foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia. São valores normais decendiais, na maioria, em séries de dados de 1961 a 1990, embora nem todas as estações meteorológicas possuam uma séria climatológica (30 anos) completa.

A partir dos dados de precipitação total foram estimadas as precipitações efectivas utilizando o método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS) apresentado nas equações (1) e (2) (Clarke, 1998).

$$P_{ef} = \frac{[Pt(125 - 0.2Pt)]}{125} \quad (Pt < 250\ mm) \quad (1)$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1Pt \quad (Pte \geq 250\ mm) \quad (2)$$

Onde:

P_{ef} – Precipitação efectiva (mm); e

Pt – Precipitação total (mm)

Para a definição da influência geográfica de cada estação meteorológica recorreu-se à determinação de polígonos de *Thiessen* através do uso de um Sistema de Informação Geográfica (Fig. 3) com base na CAOP (Carta Administrativa Oficial de Portugal).

Esta técnica permite determinar polígonos que delimitam áreas com características meteorológicas idênticas.



Figura 3: Zonas de Influência obtidas por aplicação do Método dos Polígonos de Thiessen, em Portugal Continental.

3.2.3.2. Dados sobre as características dos solos

Inicialmente pensou-se poder simular com a informação referente às características dos solos, relativa a cada exploração ou cultura. Muito rapidamente se concluiu sobre a enorme dificuldade que tal representaria. A Carta de Solos de Portugal, à escala de 1:25 000, não permite o detalhe suficiente para, na maioria dos casos, se poder caracterizar devidamente cada exploração, particularmente em zonas de grande fragmentação da propriedade da terra. Mas, sobretudo, porque essa Carta não contém a informação suficiente e necessária para alimentar o modelo: profundidade de cada camada do solo e respectiva capacidade utilizável. Caso se conhecessem as características texturais do solo, então poder-se-ia deduzir a respectiva capacidade utilizável e assim tomar em linha de conta os distintos tipos de solos nas simulações.

Efectuou-se então um exercício de aproximação que consistiu em se definirem três tipos de solos, de fácil identificação por parte dos agricultores e dos inquiridores: solo pesado, de textura argilo-limosa; solo médio, de textura franca; e solo grosseiro, de textura arenosa. Iniciou-se, nesse pressuposto, um conjunto de simulações, para cada zona de influência climática e para cada cultura, considerando esses três tipos de solos.

Tal opção demonstrou, nas simulações efectuadas, que a diferença nas necessidades de rega das culturas obtidas para as distintas texturas de solo, não se apresentavam significativas (variações normalmente inferiores a 1,5%) quando se considera uma boa gestão da rega. E este último pressuposto foi o que se admitiu nesta metodologia, isto é, simulou-se sempre para condições potenciais de uma boa rega, posteriormente ajustadas mediante indicadores provenientes do agricultor e da respectiva gestão da sua exploração.

Perante esta situação, em que se apresenta como bastante difícil a caracterização de todos os tipos de solos de Portugal Continental e Regiões Autónomas, a nível das suas propriedades hidráulicas, e particularmente em cada exploração agrícola, levou a que se tenha optado por assumir a utilização, nas simulações, de dados pedológicos referentes a um solo com características médias, no que se refere às suas características hidráulicas.

Contudo, em procedimentos futuros e sempre que seja possível conhecer as características dos solos, será recomendável que esta variável seja então considerada nas simulações.

3.2.3.3. Dados sobre as culturas

Os dados culturais utilizados nas simulações foram retirados da publicação FAO 56 (Allen *et al*, 1998), assim como a duração do ciclo da cultura, os coeficientes culturais, a profundidade radicular e a fracção da água do solo esgotável sem provocar *stress* hídrico.

As culturas consideradas são as que constam dos questionários dos Inquiridos Agrícolas.

3.2.4. Caracterização dos dados de saída (“output”)

O modelo ISAREG, como exemplificado na figura 2, através do balanço de água no solo dá indicação sobre o volume de água de rega para cada cultura nas condições em que foi simulada. Este valor não contempla, naturalmente, as perdas de água do sistema de rega, havendo assim que subseqüentemente afectá-lo da respectiva eficiência de rega.

3.3. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DE REGA CONSUMIDA EM CADA EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA INQUIRIDA

3.3.1. Introdução

Para a determinação do volume total de água consumido numa exploração agrícola tem de se conjugar a informação sobre as culturas presentes na exploração, a sua área e o sistema de rega utilizado. A este último terá que se associar, à sua eficiência potencial de funcionamento, um factor de correcção com base em indicadores inerentes ao agricultor e à exploração. Desta maneira em cada exploração inquirida, é determinado um factor que resulta da conjugação de determinadas características dessa exploração e do respectivo produtor (variáveis resultantes dos inquéritos agrícolas), o qual se pode associar a diferentes graus (intervalos) na utilização da água de rega.

3.3.2. Eficiência dos sistemas de rega

Neste estudo consideraram-se os seguintes métodos de rega:

Rega de superfície ou por gravidade, compreendendo a rega por alagamento, em canteiros tradicionais e modernizados, sulcos, caldeiras e por escorrimento, como é o caso da rega de lima;

Rega sob-pressão, em que a água é conduzida sob pressão através de tubagens de variados diâmetros, compreendendo a rega por aspersão (fixa ou móvel), enrolador com canhão e *pivot* ou rampa rotativa;

Rega localizada, que compreende a rega gota a gota, em que a água é fornecida pontualmente ao terreno através de gotejadores, e a micro-aspersão em que a água é fornecida a pequenas superfícies do terreno (circulares ou sectores de círculo).

Tendo em conta os distintos sistemas de rega e de que a sua eficiência varia dentro de determinadas gamas, dependendo da qualidade do equipamento, das condições locais e da respectiva gestão, optou-se por efectuar uma consulta às referências bibliográficas disponíveis (Tabela 2). De seguida fixou-se um valor para cada sistema de rega, indicativo da realidade nacional, correspondente a equipamentos a funcionar em boas condições e sem quaisquer restrições particulares, o que se pode considerar como a eficiência potencial (*Ep*) de cada sistema de rega.

Tabela 2 - Valores indicativos das eficiências dos Sistemas de Rega

SISTEMAS DE REGA			Valores referidos na bibliografia (%)	Valores fixados Ep
GRAVIDADE	Sulcos	Tradicionalis	50-90 ¹ 30-70 ² 40-70 ³	65%
		Modernizados	70-75 ⁴ 60-70 ⁵ 60-90 ¹ 60-75 ⁶ 65-85 ³	75%
	Outros	Rega de Lima	-	50%
		Canteiros (excluindo os arrozais)	60-85 ⁴ 80 ⁵ 60-95 ¹ 80-90 ⁶ 45-90 ³ 75 ⁷	80%
		Caldeiras	60-75 ⁴	70%
SOB-PRESSÃO	Aspersão	Aspersores Moveis	65-85 ⁴ 70-80 ⁵ 65-95 ³ 72-88 ⁹ 65-80 ¹ 65-75 ⁶ 65-85 ¹⁰ 65-75 ² 65-80 ³	75%
		Aspersores Fixos	65-85 ⁴ 70-80 ⁵ 65-95 ³ 72-88 ⁹ 70-85 ¹ 70-80 ⁶ 70-85 ¹⁰ 70-80 ² 65-85 ³	75%
		Enrolador com Canhão	60-70 ¹ 60-70 ⁶ 60-75 ¹⁰ 65-75 ² 55-70 ³	70 %
	Localizada	Pivot	80 ⁵ 70-95 ¹ 75-90 ⁶ 67-90 ¹¹ 75-90 ¹⁰ 70-85 ² 65-85 ³	85%
		Gota-a-Gota	75-90 ⁴ 80-90 ⁵ 85-95 ¹² 75-95 ¹ 75-90 ⁶ 85-90 ¹⁰ 70-90 ² 80-90 ³	90%
		Micro-Aspersão	70-86 ¹¹ 85-90 ¹⁰ 70-85 ² 85-95 ³	85%

¹Rogers et al, 1997 ; ²Smajstrla et al, 2002; ³Keller & Bliesner (1990), Wolters & Keller (1992); ⁴Merriam & Keller, 1978; ⁵James, 1988; ⁶Solomon, 1988; ⁷Burt et al, 1999; ⁸Redfield, 1952 e 1953; ⁹Pair, 1986; ¹⁰Clemmens, 2000; ¹¹Edkins, 2006; ¹²Raposo, 1996.

3.3.2.1. Factores de correcção da eficiência potencial de rega

Tendo presente que essa eficiência potencial só será atingida em condições correspondentes a um bom dimensionamento de todo o sistema de rega e de uma adequada gestão do mesmo, entendeu-se poder caracterizar a qualidade dessa gestão através de indicadores inerentes ao agricultor e à exploração, com base nos inquéritos agrícolas.

Nesse sentido seleccionou-se um conjunto de indicadores que posteriormente foram ponderados e quantificados, permitindo definir distintos níveis de eficiência e assim corrigir a eficiência potencial para uma eficiência actual, próxima daquela que é obtida pelo agricultor.

Foram os indicadores descritos abaixo, aqueles que se entendeu serem os mais representativos e que permitem reflectir a capacidade de gestão do sistema de rega por parte do agricultor.

Produtor singular autónomo

Pessoa singular que, permanente e predominantemente, utiliza a actividade própria ou de pessoas do seu agregado doméstico na sua exploração, com ou sem recurso excepcional ao trabalho assalariado.

Produtor singular empresário

Pessoa singular que, permanente e predominantemente, utiliza a actividade de pessoal assalariado na sua exploração

Sociedades

Todas as sociedades constituídas segundo os códigos comercial e civil, incluindo as sociedades de agricultura de Grupo – sociedades por quotas geridas por um grupo de pessoas (produtores) que são sócios e dirigem em conjunto uma só exploração agrícola, ou, um conjunto de explorações (normalmente uma por cada pessoa). Podem eventualmente, eleger um dos sócios para gerir a exploração.

Outras formas de natureza jurídica do produtor

Todos os produtores agrícolas, na forma de entidade moral, que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores: Estado e Pessoas Públicas, Baldios e Outras entidades.

2) Idade

3) Nível completo de escolaridade

Grau de formação escolar mais elevado que tenha sido completado. Da mesma forma, para as pessoas ainda a estudar considera-se o grau completo imediatamente inferior ao que frequentam.

4) Formação profissional agrícola

Conjunto de actividades que visam essencialmente a aquisição das capacidades teórico/práticas dos conhecimentos e das atitudes requeridas para o exercício das funções de uma profissão ou função específica na área da agricultura.

Exclusivamente prática

Formação resultante exclusivamente de um trabalho prático desenvolvido numa ou mais explorações agrícolas.

Básica (cursos de formação)

Formação obtida através de cursos de formação profissional agrícola ministrados num Centro de Formação Profissional ou noutro local adequado para o efeito e confinados a certas áreas relativas à actividade agrícola ou pecuária. Os cursos podem ser de curta e longa duração.

Completa

Através de um curso, com duração mínima de 2 anos, subsequente à conclusão da escolaridade obrigatória, concluído numa escola secundária, numa escola agrícola ou numa universidade, nos domínios da agricultura, viticultura, piscicultura, veterinária, tecnologia agrícola ou em domínios associados.

3.3.2.2. Ponderação dos indicadores inerentes ao agricultor e à exploração

Assume-se que os diferentes indicadores não apresentam idêntico grau de importância para o apuramento do “factor de correcção”, pelo que lhes foram atribuídos pesos diferenciados (Tabela 3)

Tabela 3 – Peso relativo dos indicadores

Indicador	Peso relativo
Natureza jurídica da exploração (NJUR)	10
Idade (ID)	15
Nível completo de escolaridade (NESC)	35
Formação profissional agrícola (FPA)	40

Admitiu-se que a classificação através do factor de correcção se faça apenas segundo 3 níveis de eficiência:

Nível 1 – eficiência baixa

Nível 2 – eficiência média

Nível 3 – eficiência elevada

Onde as variáveis dos inquéritos, relacionadas com exploração agrícola, devem tomar os valores que se encontram inscritos na Tabela 4

Tabela 4 – Níveis de eficiência relacionados com a exploração agrícola

Natureza jurídica da exploração - NJUR	Nível de eficiência
<i>Produtor singular autónomo</i>	1
<i>Outros</i>	2
<i>Produtor singular empresário e sociedades</i>	3

E as relacionadas com os dirigentes, os valores que se apresentam na Tabela 5

Tabela 5 - Níveis de eficiência relacionados com as características dos dirigentes

Idade - ID	Nível de eficiência
> 65 anos	1
De 45 a 64 anos	2
< 45 anos	3
Nível completo de escolaridade - NESC	
<i>Ensino básico ou inferior</i>	1
<i>Ensino secundário ou superior não agrícola</i>	2
<i>Ensino secundário ou superior agrícola</i>	3
Formação profissional agrícola - FPA	
<i>Exclusivamente prática</i>	1
<i>Básica (cursos de formação)</i>	2
<i>Completa</i>	3

3.3.3. Método de cálculo

Para a determinação do cálculo do volume total da água de rega terá, para além de se saber a área da exploração (A_{exp}) e da eficiência do sistema de rega, de se calcular o factor de correcção da eficiência.

De acordo com o descrito no ponto anterior calcula-se o nível de eficiência (EFI), através da seguinte fórmula:

$$EFI = \frac{NJUR \times 10 + ID \times 15 + NESC \times 35 + FPA \times 40}{100} \quad (3)$$

Onde,

Nível 1 – eficiência baixa	$EFI < 1,5$
Nível 2 – eficiência média	$1,5 \leq EFI < 2,5$
Nível 3 – eficiência elevada	$2,5 \leq EFI \leq 3,0$

Então, de acordo com o nível encontrado através do resultado de EFI , o factor de correcção (Fc) será, respectivamente, de 90%, 95% e 100%, a multiplicar pela eficiência potencial do sistema de rega (Ep), ou seja:

Nível 1 – eficiência baixa	$Ep \times 0,90$
Nível 2 – eficiência média	$Ep \times 0,95$
Nível 3 – eficiência elevada	Ep

Portanto, a eficiência de rega (Er) é dada por $Er = Ep \times Fc$, logo o volume total de rega (VR) será:

$$VR = \frac{Vr}{Er} \quad (4)$$

em que Vr representa o volume de água de rega simulado.

Como exemplo de aplicação, considere-se a seguinte situação,

Variável	Descrição	Nível
Natureza jurídica da exploração (NJUR)	Produtor singular autónomo	1
Idade (ID)	De 45 a 64 anos	2
Nível completo de escolaridade (NESC)	Ensino secundário. ou superior não agrícola	2
Formação profissional agrícola (FPA)	Completa	3
EFI ponderada		2,35
Nível de Eficiência		2 (Eficiência média)

Neste caso de aplicação, se se tratar de um sistema de rega por aspersão fixo, em cobertura total, para o qual se admita um eficiência potencial de 75%, então ter-se-á a seguinte eficiência de rega:

$$Er = Ep \times Fc = 0.75 \times 0.95 = 0.71 \rightarrow 71\% \quad (5)$$

Se a exploração tiver uma área de 10 ha, em que a cultura necessite de um volume de água de rega de 4 100 m^3ha^{-1} , o volume total de água a regar será de aproximadamente 5 800 m^3ha^{-1} , isto é, de um volume total consumido pela exploração de 58 000 m^3 .

3.3.4. Validação dos dados

O modelo ISAREG já tem sido validado, desde o seu desenvolvimento, para as condições portuguesas e para diversos outros países, por observações da água do solo ao longo do ciclo vegetativo das culturas (Pereira, 2004).

Neste trabalho recorreu-se a informação de volumes de água de rega, por pesquisa bibliográfica, em particular em Relatórios Anuais de Associações de Regantes, para comprovar que os volumes obtidos por simulação se situam próximo dos valores reais. Na validação teve-se em consideração os dados de saída das simulações do modelo ISAREG aos quais se atribuiu uma eficiência média de rega de 75% (Mecar).

Como no desenvolvimento do modelo foram utilizados, para as simulações, dados meteorológicos médios relativos a séries de anos extensas, e tendo presente que os valores disponíveis para esta validação dizem respeito a anos específicos, existem naturalmente algumas divergências entre os consumos de água simulados e registados. Quando for feita a estimativa com os dados actuais de 2009 será então certamente possível obter uma melhor aderência.

Nas figuras 4 a 18, que se apresentam de seguida, foram utilizados dados relativos a consumos médios de água de rega registados por algumas associações de regantes.

Desses registos obtidos pelas várias associações, apenas foi possível seleccionar algumas delas, onde os valores de consumos de água se mostraram mais fidedignos. Foram assim considerados os dados das associações de Odivelas, do Caia, do Alto Sado, do Divor, de Odivelas e Alvito, do Roxo e do Vale do Sado.

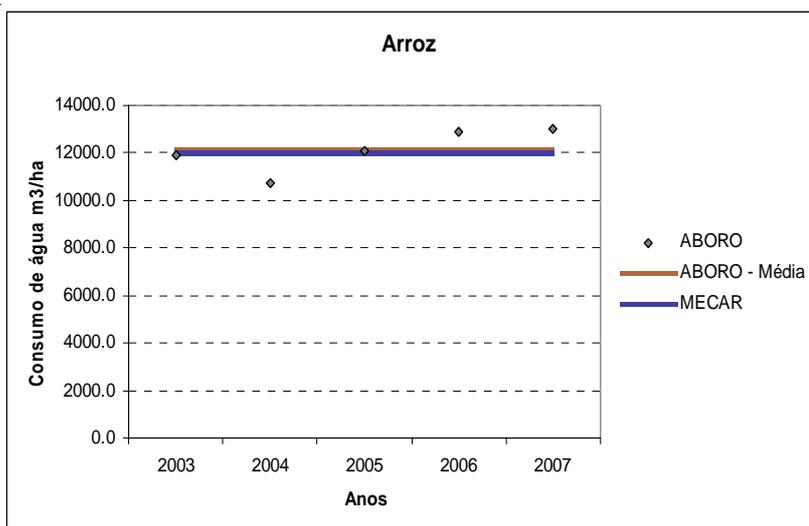


Figura 4: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

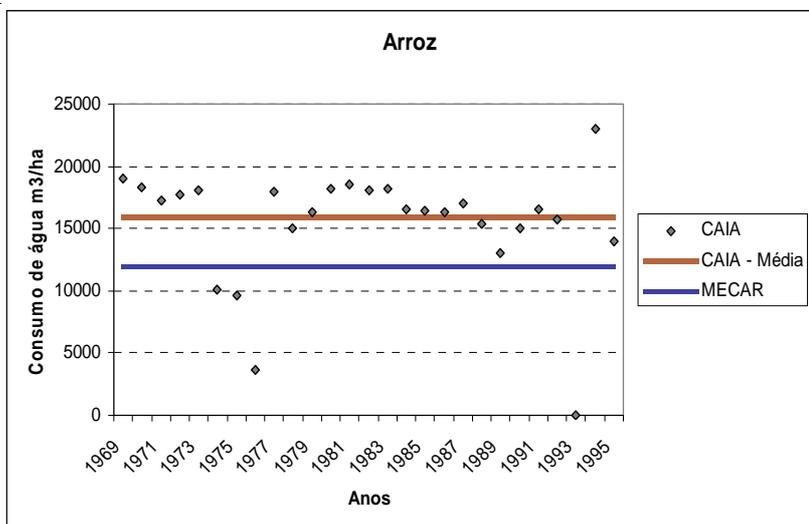


Figura 5: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

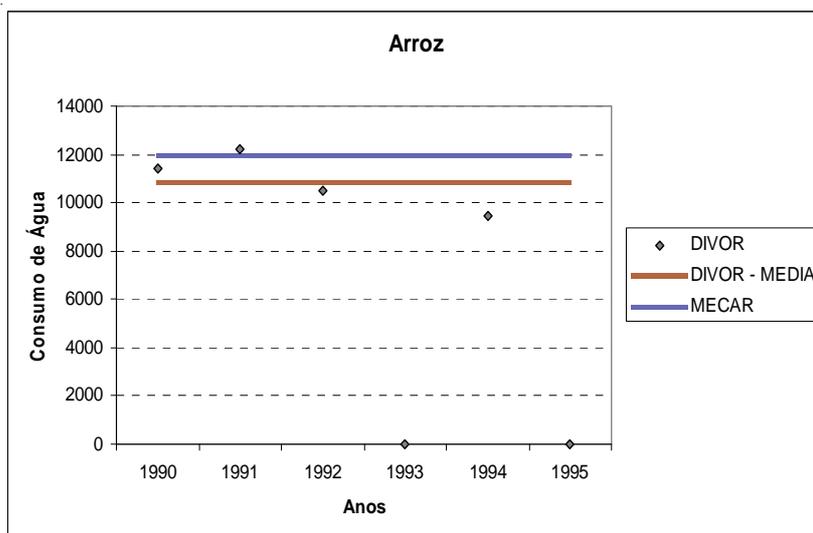


Figura 6: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Agricultores do Divor (AADIVOR), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

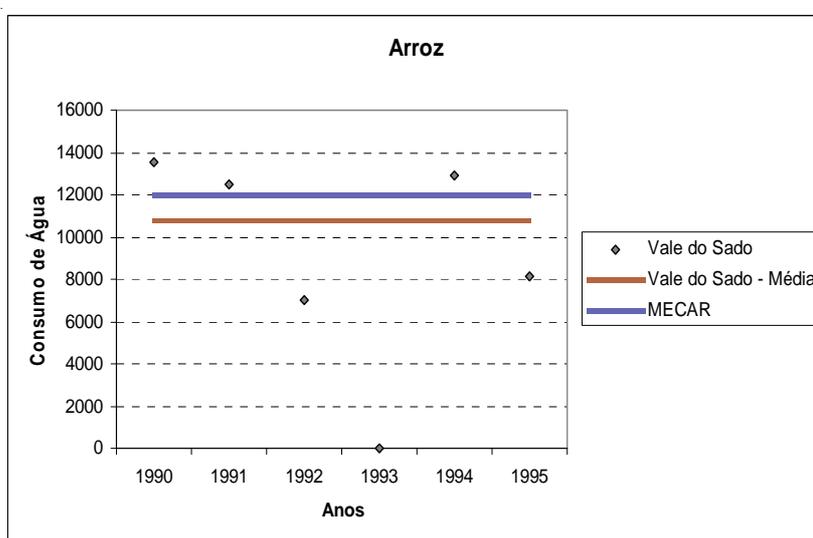


Figura 7: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sado (AAVSADO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

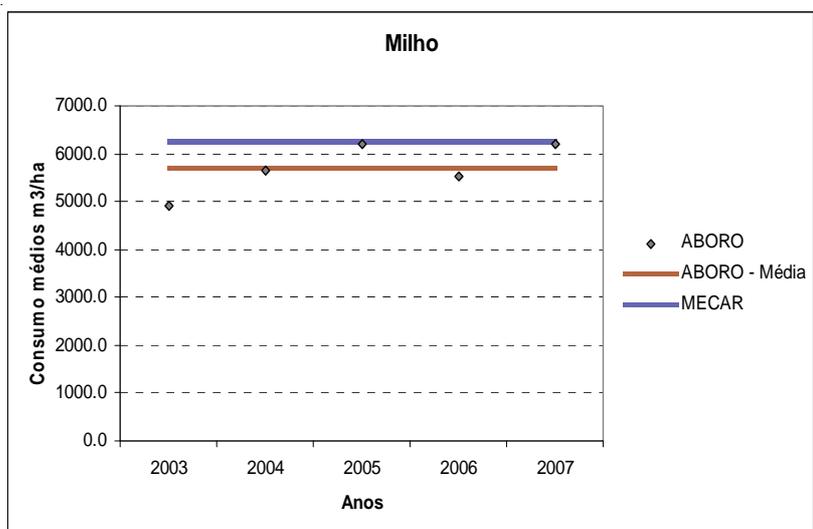


Figura 8: Comparação dos consumos médios de água de rega do Milho registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

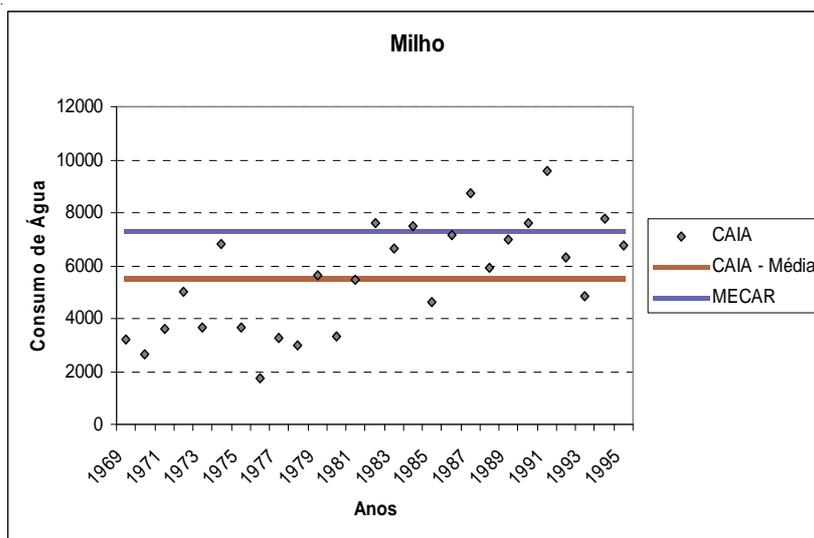


Figura 9: Comparação dos consumos médios de água de rega do Milho registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

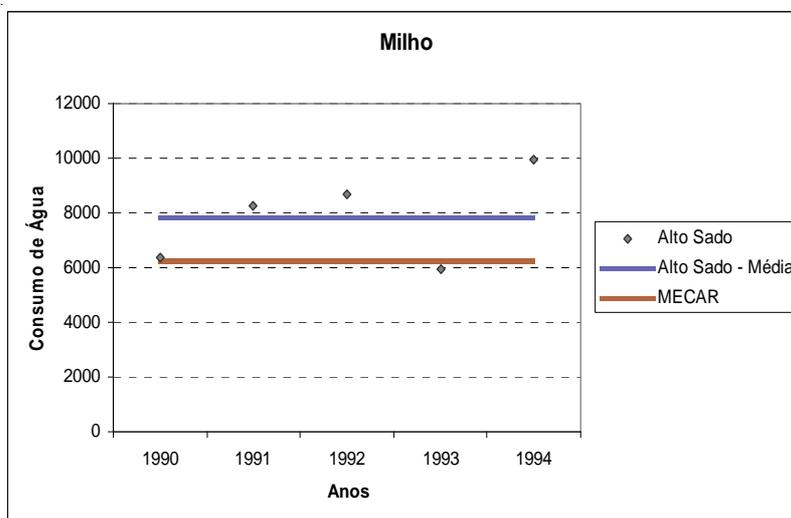


Figura 10: Comparação dos consumos médios de água de rega do Milho registados pela Associação de Agricultores do Vale do Sado (AAVSADO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

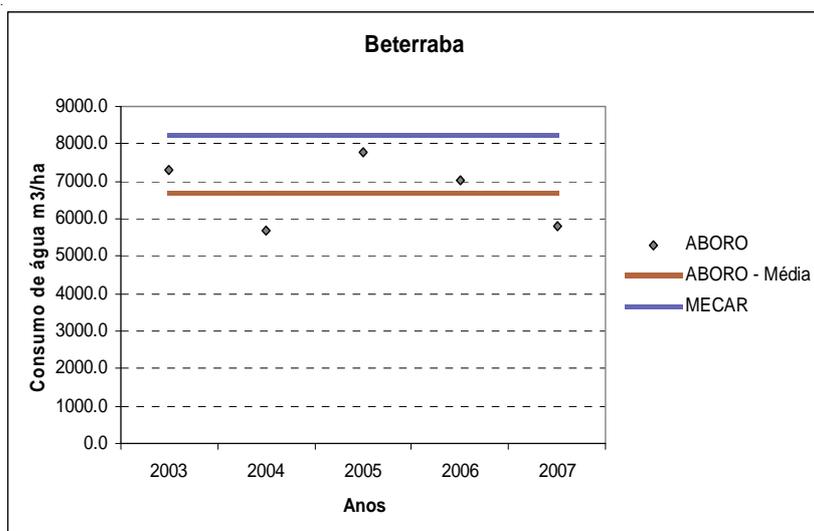


Figura 11: Comparação dos consumos médios de água de rega da Beterraba registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

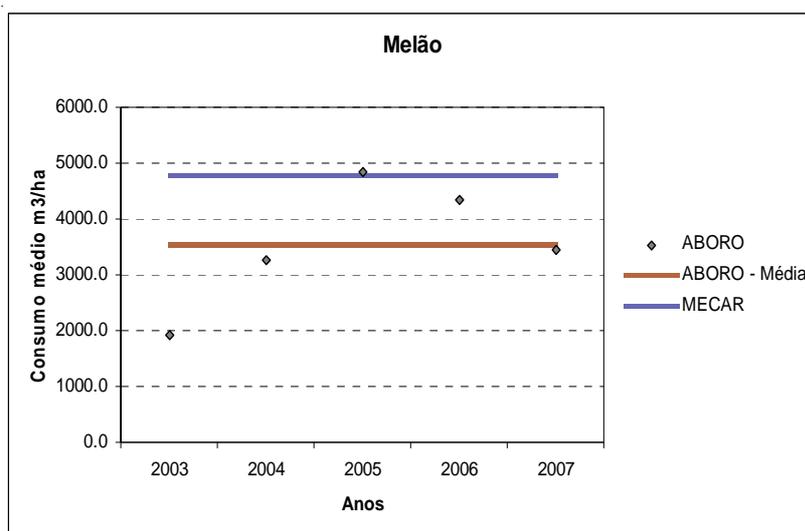


Figura 12: Comparação dos consumos médios de água de rega do Melão registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

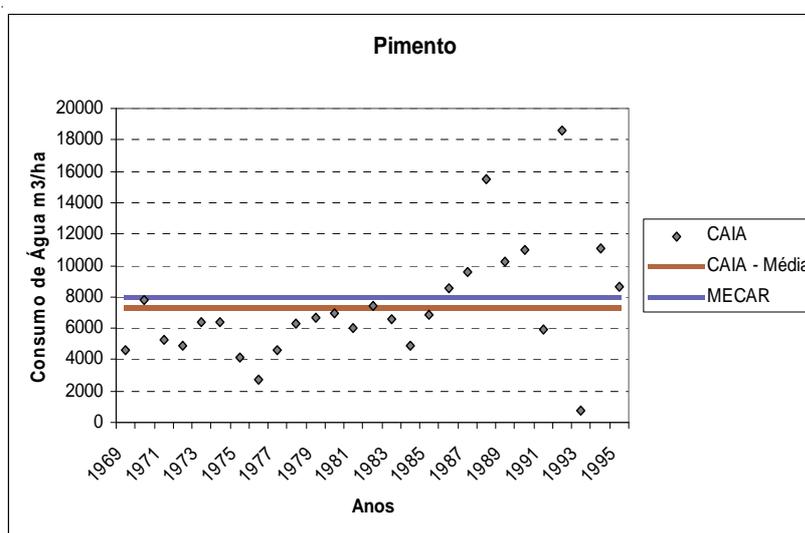


Figura 13: Comparação dos consumos médios de água de rega do Pimento registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

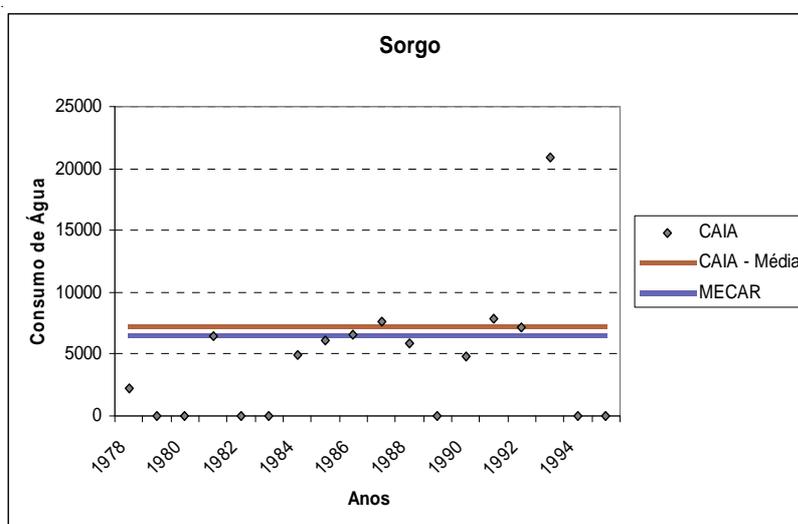


Figura 14: Comparação dos consumos médios de água de rega do Sorgo registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

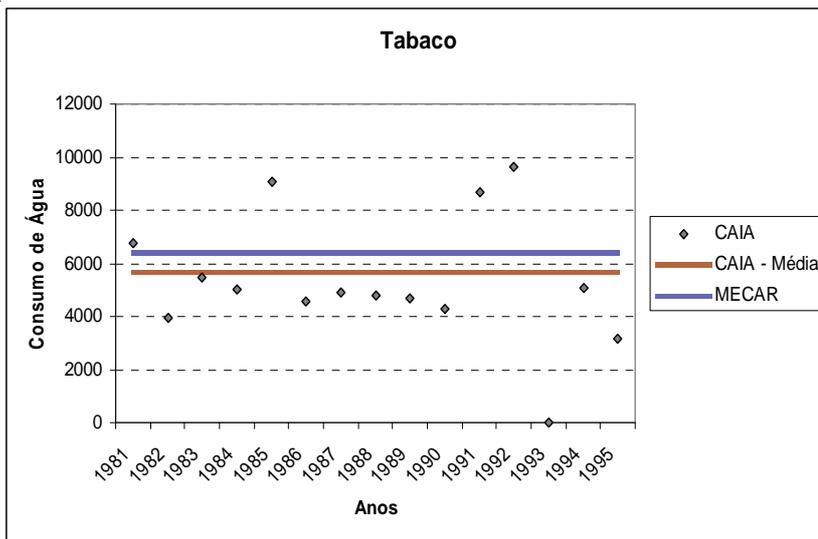


Figura 15: Comparação dos consumos médios de água de rega do Tabaco registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

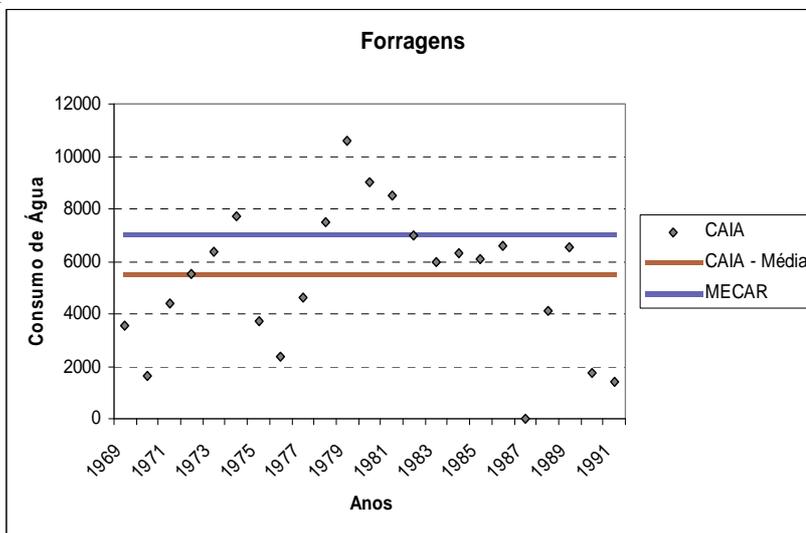


Figura 16: Comparação dos consumos médios de água de rega de Forragens registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1991.

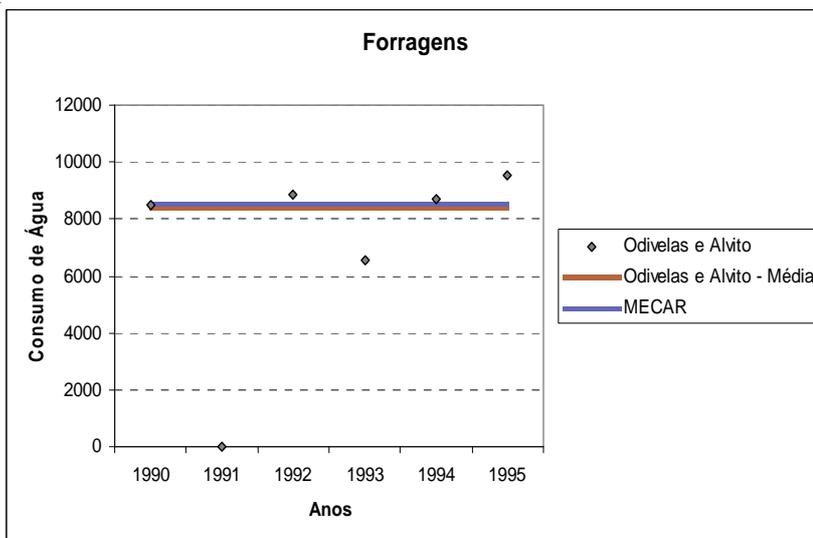


Figura 17: Comparação dos consumos médios de água de rega de Forragens registados na Albufeira de Odivelas e Alvito, com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

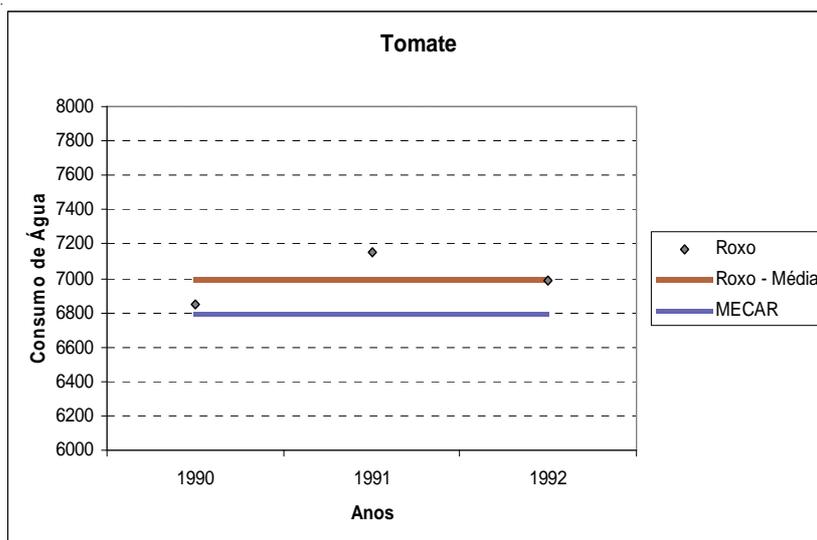


Figura 18: Comparação dos consumos médios de água de rega do Tomate registados pela Associação de Regantes e Beneficiários do Roxo (AAROXO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1992.

Do conjunto dos valores comparativos apresentados verificam-se desvios que se situam entre os pontos extremos -24,5% e +32,7%. Contudo, em três dessas situações verifica-se uma aderência quase total (-0,8%; +0,1% e +1,2%), como pode ser observado na Fig. 19. Em nove das situações comparativas observam-se desvios contidos entre os $\pm 10\%$. Nas quatro situações com desvios superiores tal poderá corresponder a campanhas de rega em que tenham sido impostas restrições na aplicação de água, pelas respectivas associações de regantes, daí resultando consumos reais inferiores aos simulados. Já no que respeita aos 3 valores que se situam abaixo dos 10% de desvio, tem-se uma aplicação de rega excessiva nos casos do arroz (Caia), milho (Alto Sado) e tomate (Roxo), que poderão corresponder a situações de rega aplicada com pouca qualidade ou em solos muito permeáveis.

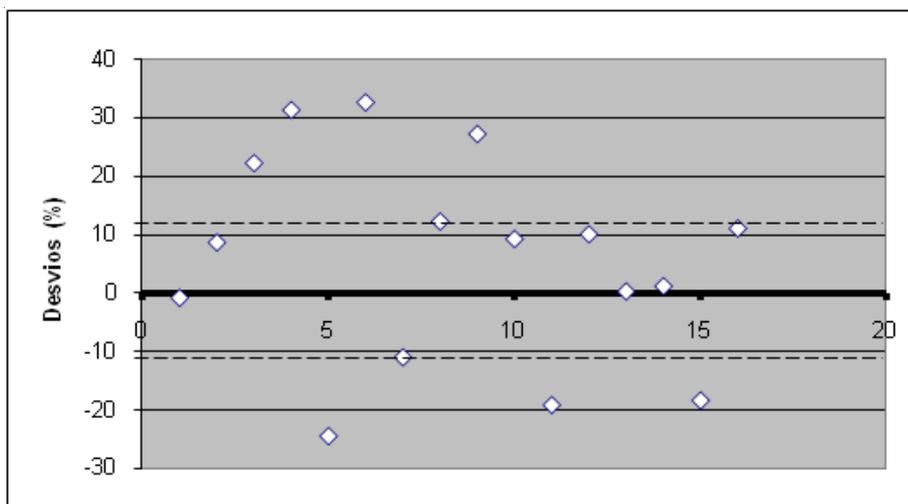


Figura 19: Dispersão percentual entre os valores médios obtidos pela metodologia MECAR e os dados registados em sete associações de regantes.

Nestas condições, pode-se considerar que, em grande parte das situações, estes valores são aceitáveis, se se tiver presente que a água aplicada por estas associações de regantes é, em anos de escassez, bastante inferior àquela que seria exigida para uma produção óptima. E esta é a condição normalmente imposta nas simulações efectuadas, isto é, não introduzindo quaisquer restrições no fornecimento de água às culturas. Por outro lado, admite-se que a gestão da aplicação da água de rega, em determinados perímetros e condições particulares de solos, possa dar lugar a aplicações de água excessivas.

Pode-se assim concluir que a primeira fase de validação da metodologia, tendo por base a confrontação dos valores simulados com os registados num conjunto de perímetros de rega, se pode considerar satisfatória. Posteriormente, os dados simulados para um dado ano de referência, deverão ser validados para o mesmo ano, através da obtenção de registos reais em condições de campo, quer seja por associações de regantes, quer seja por agricultores individuais.

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AO INQUÉRITO À ESTRUTURA DAS

EXPLORAÇÕES AGRÍCOLAS 2007

Com o objectivo de testar a operacionalidade da MECAR com dados reais e detectar eventuais erros e omissões, considerou-se oportuno fazer uma simulação com os resultados obtidos para o IE 2007.

Como o IE 2007 não tinha entre os seus objectivos a produção de dados para estimação do volume de água de rega, algumas das variáveis recolhidas não correspondiam exactamente às necessidades inerentes ao exercício de simulação, pelo que foram feitas algumas adaptações.

Procedeu-se ao cálculo das necessidades hídricas para um conjunto de culturas em cada Zona de Influência do Continente, de acordo com o método explicado em 3.2. A partir do “output” de 2200 posições, fornecido pelo ISAREG, estimou-se o volume de água a fornecer a cada cultura e exploração agrícola.

Utilizando os factores de correcção da eficiência potencial (Ep) de rega devidos aos Sistema de Rega, que constam da tabela de valores indicativos das eficiências dos Sistemas de Rega (Tabela 2), calculou-se o volume de água de rega por cultura e exploração – corrigido para o SR (v_{SR}).

A influência sobre a eficiência de rega das características do gestor e da exploração agrícola, determinou-se a partir do nível de eficiência (EFI), o qual derivou das variáveis relativas à exploração agrícola (“Natureza Jurídica da Exploração – NJUR”) e ao respectivo dirigente (Idade - ID, Nível de Escolaridade – NESC e Formação Profissional Agrícola – FPA) de acordo com o método apresentado em 3.3.2.1. A cada exploração foi então atribuído um factor de correcção (Fc) correspondente ao respectivo EFI apurado, dando origem a um factor de correcção da eficiência potencial de rega por exploração.

4.1. VOLUME DE ÁGUA A FORNECER POR CULTURA (CÁLCULO ANTES DE PERDAS)

Verifica-se que, de acordo com o *output* fornecido pelo modelo ISAREG, a cultura do Arroz foi a que maiores recursos hídricos exigiu (dotação média superior a 15 000 m³/ha). As culturas hortícolas em estufa também necessitaram de elevadas dotações unitárias em todas as regiões.

Por outro lado, a Vinha e o Olival apresentaram as menores exigências hídricas de entre as culturas analisadas (Tabela 6).

Tabela 6 – Volume de água a fornecer, sem contabilizar perdas (m³/ha)

Cultura	m ³ /ha
Milho	4 155
Arroz	15 152
Outros cereais para grão	4 492
Leguminosas secas p/ grão	2 204
Prados temp. e cult. Forrageiras	5 873
Batata	4 756
Beterraba sacarina	6 428
Girassol	4 125
Outras culturas industriais	4 247
Culturas hortícolas Ar livre/abrigo baixo	4 281
Flores e plantas ornamentais Ar livre/abrigo baixo	2 649
Culturas hortícolas estufa	9 290
Flores e plantas ornamentais estufa	4 966
Áreas de propagação	2 082
Outras cult. temporárias	4 654
Macieiras	4 295
Pereiras	4 359
Pessegueiros	4 889
Cerejeiras	4 738
Outros frutos frescos	5 465
Citrinos	6 106
Kiwis	5 973
Outros frutos subtropicais	7 497
Frutos secos	1 899
Olival	1 888
Vinha	1 859
Outras culturas permanentes	2 060
Média (todas as culturas)	4 999

4.2. EFICIÊNCIA MÉDIA DOS SISTEMAS DE REGA UTILIZADOS, POR CULTURAS

Em média, os sistemas de rega deram origem a cerca de 20% de perdas estimadas de água de rega. As culturas em estufa e as culturas permanentes, que utilizaram em maior extensão os sistemas de rega localizada, nomeadamente a gota-a-gota, foram as mais eficientes. Na posição oposta situou-se a cultura da batata para a qual se estimaram perdas médias associadas ao sistema de rega de 29% (Tabela 7).

Tabela 7 – Eficiência média dos sistemas de rega utilizados (%)

Cultura	Eficiência média	Sistemas de rega mais utilizados e % de área regada	
		1º	2º
Total	80	Gota-a-gota (41%)	Pivot (22%)
Culturas hortícolas estufa	90	Gota-a-gota (100%)	
Flores e plantas ornamentais estufa	90	Gota-a-gota (100%)	
Outros frutos subtropicais	90	Gota-a-gota (95%)	Micro-aspersão (4%)
Pereiras	87	Gota-a-gota (96%)	Gravidade (3%)
Olival	88	Gota-a-gota (97%)	Gravidade (2%)
Macieiras	86	Gota-a-gota (94%)	Gravidade (4%)
Citrinos	85	Gota-a-gota (87%)	Micro-aspersão (7%)
Vinha	86	Gota-a-gota (92%)	Gravidade (6%)
Outros frutos frescos	84	Gota-a-gota (86%)	Gravidade (8%)
Pessegueiros	82	Gota-a-gota (73%)	Micro-aspersão (14%)
Outras culturas permanentes	83	Gota-a-gota (52%)	Micro-aspersão (41%)
Culturas hortícolas Ar livre/abrigo baixo	82	Gota-a-gota (62%)	Pivot (10%)
Frutos secos	81	Gota-a-gota (67%)	Gravidade (14%)
Outras culturas industriais	81	Pivot (79%)	Aspersão fixa (9%)
Kiwis	84	Micro-aspersão (87%)	Gota-a-gota (7%)
Flores e plantas ornamentais Ar livre/abrigo baixo	82	Gota-a-gota (42%)	Micro-aspersão (22%)
Cerejeiras	79	Gota-a-gota (69%)	Gravidade (21%)
Outras cult. temporárias	76	Pivot (80%)	Gravidade (8%)
Girassol	81	Pivot (78%)	Canhão (13%)
Beterraba sacarina	80	Pivot (52%)	Aspersão fixa (13%)
Milho	73	Pivot (62%)	Gravidade (20%)
Outros cereais para grão	77	Pivot (77%)	Canhão (18%)
Leguminosas secas p/ grão	69	Pivot (52%)	Gravidade (34%)
Áreas de propagação	77	Micro-aspersão (23%)	Canhão (22%)
Prados temp. e cult. Forrageiras	72	Canhão (33%)	Pivot (30%)
Batata	71	Pivot (27%)	Gravidade (26%)

4.3. FACTORES DE CORRECÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REGA

No quadro seguinte apresentam-se os resultados relativos à distribuição percentual do número de explorações inquiridas pelos 3 níveis de eficiência da rega. Destacam-se as explorações das regiões do Ribatejo e Oeste e do Alentejo com níveis de eficiência atribuídos claramente superiores aos das restantes regiões (Tabela 8).

Tabela 8 – Níveis de eficiência das explorações agrícolas por região agrária

Região	Nível 1	Nível 2	Nível 3
	% de explorações		
Entre Douro e Minho	60	36	4
Trás-os-Montes	64	31	4
Beira Interior	75	21	4
Beira Litoral	73	23	4
Ribatejo e Oeste	40	50	10
Alentejo	38	39	23
Algarve	64	31	5
Total	61	33	6

Constatou-se que, apesar do nível de eficiência médio por exploração ter sido apenas de 92%, o mesmo subiu para 95% quando calculado em termos do volume em m³ de água de rega, ou seja, parece ter existido uma correlação positiva entre dimensão da área regada da exploração e o nível de eficiência da rega estimado.

4.4. VOLUMES MÉDIOS DE ÁGUA DE REGA UTILIZADOS

4.4.1. Por culturas

Estimou-se um consumo médio de 6 733 m³ de água de rega por hectare de culturas regadas. A vinha e o olival regados receberam as menores dotações unitárias: 2 302 e 2 259 m³ de água por hectare, respectivamente.

Para além do arroz e das culturas hortícolas protegidas, destacaram-se igualmente os prados e culturas forrageiras e os citrinos pelos elevados níveis de consumo hídrico (Tabela 9)

Tabela 9 – Volumes médios de água de rega utilizados por cultura

Cultura	m ³ /ha
Milho	6 177
Arroz	16 069
Outros cereais para grão	5 961
Leguminosas secas p/ grão	3 504
Prados temp. e cult. Forrageiras	8 823
Batata	7 385
Beterraba sacarina	8 410
Girassol	5 360
Outras culturas industriais	5 578
Culturas hortícolas Ar livre/abrigo baixo	5 574
Flores e plantas ornamentais Ar livre/abrigo baixo	3 384
Culturas hortícolas estufa	11 014
Flores e plantas ornamentais estufa	5 818
Áreas de propagação	2 886
Outras cult. temporárias	6 402
Macieiras	5 318
Pereiras	5 326
Pessegueiros	6 367
Cerejeiras	6 481
Outros frutos frescos	6 927
Citrinos	7 802
Kiwis	7 575
Outros frutos subtropicais	8 656
Frutos secos	2 501
Olival	2 259
Vinha	2 302
Outras culturas permanentes	2 642
Total	6 733

4.4.2 Por regiões

Estimou-se que, por cada hectare de Superfície Agrícola Utilizada Total (regada e não regada), se tenham utilizado em média 814 m³ de água de rega.

Esse consumo foi mais elevado nas regiões de Entre-Douro e Minho (2 641 m³) e Beira Litoral (3 244 m³) e mais reduzido em Trás-os-Montes (440 m³) e no Alentejo (312 m³) (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10 – Volumes médios de água de rega utilizados por hectare de SAU

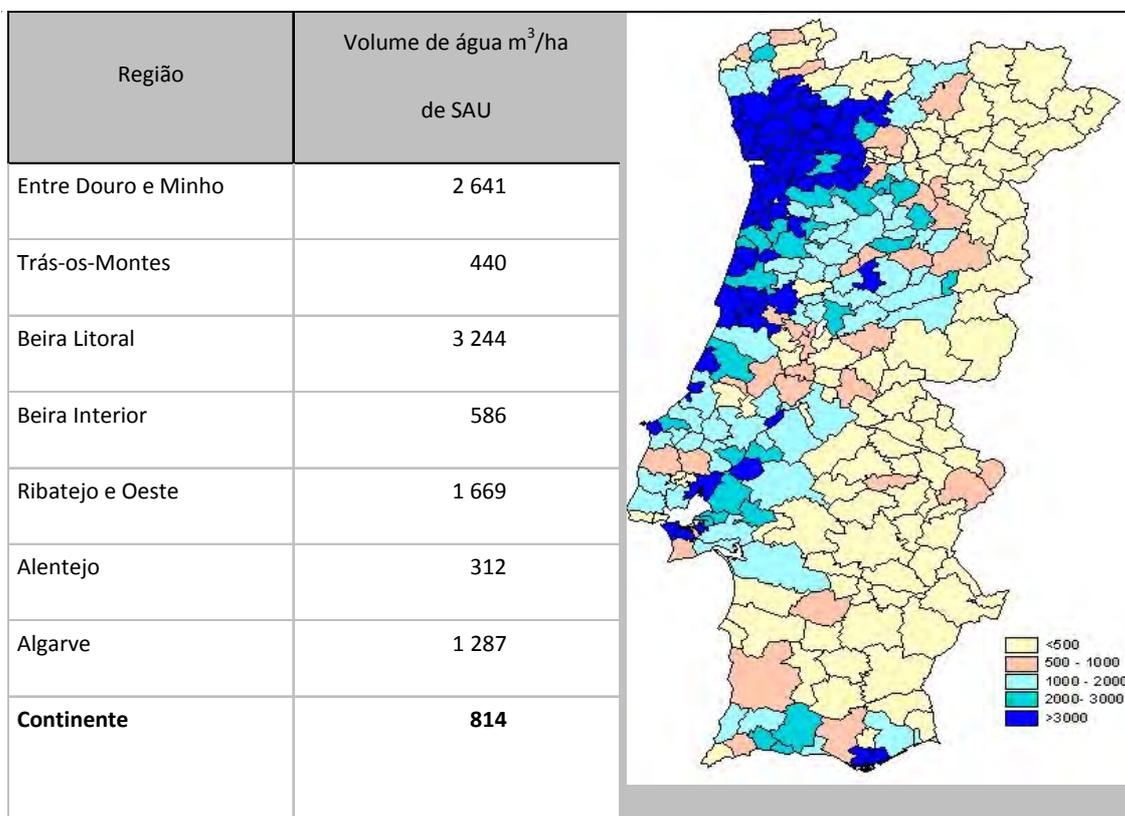


Tabela 11 – Volumes médios de água de rega utilizados por hectare de Superfície Regada

Região	Volume de água m ³ /ha de Superfície Regada
Entre Douro e Minho	7 216
Trás-os-Montes	6 281
Beira Litoral	8 407
Beira Interior	7 771
Ribatejo e Oeste	6 622
Alentejo	5 240
Algarve	7 977
Continente	6 733

5. CONCLUSÕES

Uma das principais conclusões a retirar deste estudo é que a aplicação da MECAR permite dar uma resposta adequada aos requisitos técnicos constantes do regulamento (CE) 1166/2008. A validade desta solução foi verificada, a partir de uma série longa de dados climáticos (1961-1990), através do estabelecimento de um quadro comparativo com a informação fornecida pelas principais associações de regantes sobre os consumos médios de água para um determinado conjunto de culturas.

Os resultados verificados nessa primeira validação da metodologia apresentam-se bastante satisfatórios, com a maioria dos desvios contidos na gama de variação dos $\pm 10\%$. É, contudo, recomendado que uma segunda validação seja realizada, confrontando os valores simulados relativos ao ano de 2009 com os dados registados por associações de regantes e agricultores individuais. Por outro lado, constatou-se que um dos pontos fracos do modelo consistiu na insuficiência de dados de “input” sobre as características hidráulicas dos solos, pelo que especial atenção deverá ser dada a esta vertente no futuro.

A aplicação da MECAR aos dados reais do IE 2007 constituiu um teste à operacionalidade desta solução que se revelou adequada pois permitiu obter informação credível e compatível com os requisitos do regulamento. Com este teste foi igualmente possível promover uma melhor adequação das variáveis complementares a inquirir futuramente nos inquéritos agrícolas, bem com a adaptação dos respectivos suportes de recolha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998). – *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage, paper nº 56. FAO, Rome.
- Burt, C.M.; Clemmens, A.J.; Bliesner R.; Merriam J. L. (1999). *Selection of Irrigation Methods for Agriculture*. ASCE - American Society of Civil Engineers. On-Farm Irrigation Committee. Virginia
- Carreira, D.N. (1997). *Aplicação de um SIG para a gestão da água na agricultura à escala regional*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
- Clarke, D. (1998). *CROPWAT for Windows: User guide*. FAO, Rome
- Doorenbos, J.; Kassam A. (1979). *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO. Rome
- Doorenbos, J.; Pruitt W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO. Rome.
- Edkins, R. (2006). *Irrigation Efficiency Gaps – Review and Stock Take*. Irrigation New Zealand, Sustainable Farming Fund.
- INE (2007). *Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas*. INE, Lisboa
- Pereira, L.S. (2004). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Publicações Europa-América. Lisboa
- Pereira, L.S.; Teodoro, P.R.; Rodrigues, P.N.; Teixeira, J.L. (2003). *Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG*. In: G.Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (eds.) *Tools for Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer. Dordrecht, pp. 203 - 222
- Raposo, J.R. (1996). *A Rega, Dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Rogers, D.H.; Lamm, F.R. Alam, M.; Trooien, T.P.; Clark, G.A.; Barnes, P.L.; Mankin K. (1997). *Efficiencies and Water Losses of Irrigation Systems*. Irrigation Management Series. Kansas State University, Research and Extension Engineers. Manhattan, Kansas
- Smajstrla, A.G.; Boman, B.J.; Clark, G.A.; Haman, D.Z.; Harrison, D.S.; Izuno, F.T.; Pitts, D.J.; Zazueta, F.S. (2002). *Efficiencies of Florida Agricultural Irrigation Systems*. University of Florida, Agricultural and Biological Engineering Department.
- Solomon, K.H. (1988). *Irrigation Notes, Irrigation Systems and Water Application Efficiencies*. California State University, Center for Irrigation Technology. Fresno
- Teixeira, J.L. (1994). *ISAREG – Manual do Utilizador*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
- Teixeira, J.L.; Pereira, L.S. (1992). *ISAREG, an irrigation scheduling model*. ICID Bulletin, 41(2): 29-48



**GESTÃO DE ÁGUA NOS
PERÍMETROS DE
REGA:
QUANTIFICAÇÃO DO
USO DA ÁGUA E
EFICIÊNCIAS DOS
SISTEMAS DE REGA**

**WATER MANAGEMENT
IN COLLECTIVE
IRRIGATION
DISTRICTS: WATER
USE QUANTIFICATION
AND IRRIGATION
SYSTEMS EFFICIENCY**

Autores:

José Gonçalves Ferreira de Barahona Nuncio

Presidente da Direcção da Federação Nacional de Regantes de Portugal – Federação Nacional dos Regantes de Portugal – FENAREG¹

Carina Arranja

Secretária Geral da Federação Nacional de Regantes de Portugal – Federação Nacional dos Regantes de Portugal – FENAREG²

Resumo

As necessidades crescentes de economia em mão-de-obra, em energia e de poupança de água, com garantia da qualidade do serviço de distribuição de água, em quantidade e em tempo útil, justificam novos desenvolvimentos em técnicas de gestão e constituem as principais razões para modernização dos perímetros de rega.

¹ geral@fenareg.pt

² geral@fenareg.pt

A abordagem aqui feita da gestão de água em perímetros de rega é marcada por dois conceitos fundamentais: a sustentabilidade do uso dos recursos na agricultura de regadio - hídricos, energéticos, humanos – e a ambientalidade das soluções tecnológicas e de gestão. Evidência que a investigação vai respondendo às implicações de tais conceitos, nomeadamente no caso português.

Palavras-chave: eficiência, sistemas de rega, agricultura, perímetro de rega, regadio, Vale do Sorraia, área regada, obra de rega

Abstract

The growing needs to reduce in manpower, energy and water use, with quality service guaranteed for water supply in quantity and in time, justify new developments in management techniques and are the main reasons for irrigation modernization.

The approach made of water management in collective irrigation constructions is marked by two key concepts: the sustainability of resources used in irrigated agriculture - water, energy, human - and environmental of technology and management solutions. Evidence's that research has responded to the implications of such concepts, particularly in the Portuguese case.

Key-words: efficiency, irrigation systems, agriculture, irrigation perimeters, irrigation, Sorraia Valley, irrigated area, irrigation works.

1. QUANTIFICAÇÃO DO USO DA ÁGUA E EFICIÊNCIAS DOS SISTEMAS DE REGA

Em Portugal Continental são utilizados, em média, 20% dos recursos hídricos disponíveis (Figura 1). Em termos de utilização total anual por sector, e tendo por base o Plano Nacional da Água, a agricultura é o sector dominante, sendo responsável por cerca de 75% da utilização de água, seguida da produção de energia com 14%, do abastecimento a populações com 6% e da indústria com 4% (INAG, 2001a).

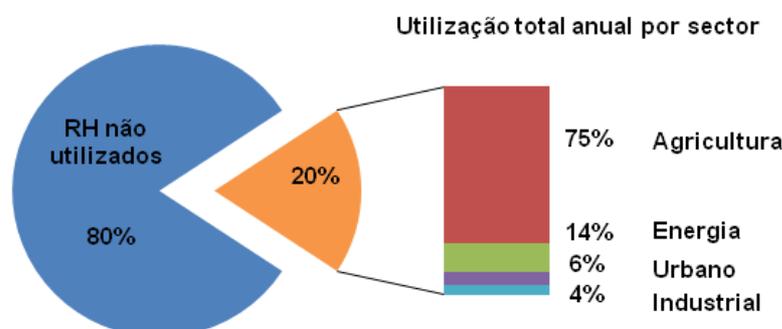


Figura 1 - Utilização total anual dos recursos hídricos em Portugal Continental e a sua distribuição por sector (INAG, 2001a).

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) estimou, em 2001, o consumo útil total do sector agrícola em 6.550 hm³/ano e a procura efectiva total em 3.800 hm³/ano, verificando-se que a eficiência de utilização da água neste sector é de cerca de 58% (INAG, 2001b). O PNUEA, tendo em conta as perspectivas de evolução em termos de procedimentos dos utilizadores e de evolução tecnológica dos equipamentos, propôs atingir-se a 10 anos, ou seja, em 2011, uma eficiência média nacional de utilização da água no sector agrícola de 66%, com variações numa gama entre 63% e 72%, quando interpretada à escala regional ou local, devido à variabilidade geográfica e social do País. No horizonte do Programa, este aumento de eficiência, no sector com maior potencial de poupança, traduzir-se-ia numa poupança de 790 hm³/ano.

O PNUEA propôs um conjunto de medidas que se considera poderem contribuir para o uso eficiente da água e atingir a meta dos 66% no sector agrícola. As medidas para o sector, ao nível geral, contemplam a reabilitação e a reconversão dos sistemas de transporte e distribuição e dos métodos de rega, para além de colmatar os defeitos de projecto e gestão dos sistemas.

No nosso país e em muitos outros, por razões técnicas e económicas, os sistemas de transporte e de distribuição de água nos perímetros de rega colectivos são na sua maioria em gravidade, com comando por montante. A sua operação e gestão condicionam, só por si:

- a qualidade do serviço a prestar aos utentes;
- a eficiência no uso da água.

Para termos ideia da eficiência dos sistemas em gravidade, em 1997, o CEMAGREF (acrónimo da expressão francesa *Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts*), num estudo sobre 181 sistemas de canais de rega do Sul de França, concluiu que a eficiência de transporte e de distribuição da água era fortemente dependente do modo de operação adoptado (CEMAGREF, 1997), tendo obtido os seguintes valores para essa eficiência (rácio entre os volumes de água distribuídos às parcelas de rega e os volumes disponibilizados na admissão):

- 30 a 40%, para os canais operados manualmente;
- 40 a 60%, para os canais operados de modo semiautomático;
- 60 a 80%, para os canais totalmente automatizados.

Para os sistemas de rega em pressão, o PNUEA apontava uma eficiência entre 80 e 95%.

O uso da água e a eficiência do sistema de distribuição e transporte são condicionados pela ocupação cultural, o tipo de sistema de distribuição (gravidade ou pressão), custos energéticos, taxa de utilização do perímetro, tecnologia e acesso a esta, disponibilidade para investir e do sistema tarifário.

2. ALGUNS NÚMEROS DOS PERÍMETROS DE REGA

De modo a caracterizar, genericamente, a agricultura de regadio de Portugal Continental e, em particular, nos perímetros de rega, é importante ter em conta os elementos estatísticos que se seguem.

Existem actualmente no nosso País 26 perímetros de rega em exploração, 21 dos quais dispõem de fornecimento de água por gravidade. Beneficiam um total de 124.000 ha, representando 14% do regadio nacional e englobam 14.800 beneficiários. Totalizam cerca de 3.321 km em redes primárias e secundárias e têm uma capacidade útil de armazenamento nas albufeiras de 1.943 hm³ (DGADR, 2009).

A evolução da área regada nos perímetros de rega, tem registado um aumento, como mostra a Figura 2. Em 1986 a área regada andava na ordem dos 43.400 ha e em 2008 aumentou para 67.700 ha, registando-se um aumento de aproximadamente 24.000 ha.

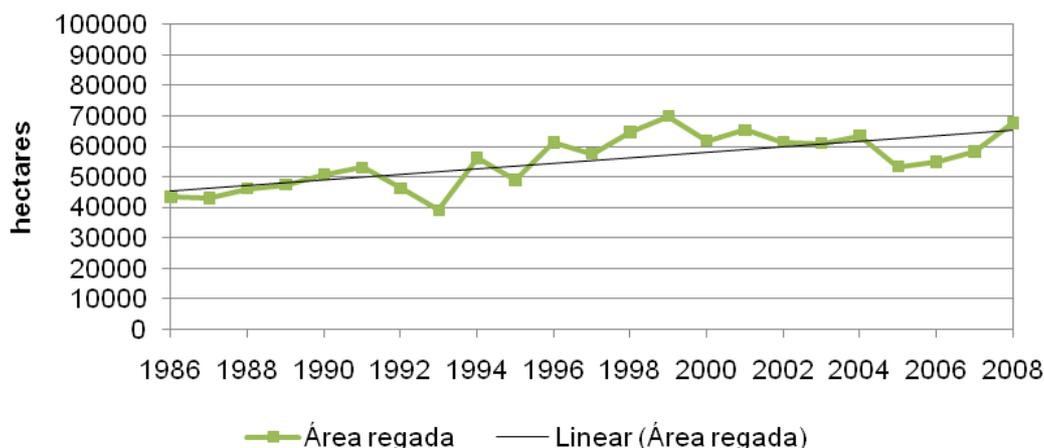


Figura 2 – Evolução da área regada nos perímetros de rega, de 1986 a 2008 (DGADR, 2009)

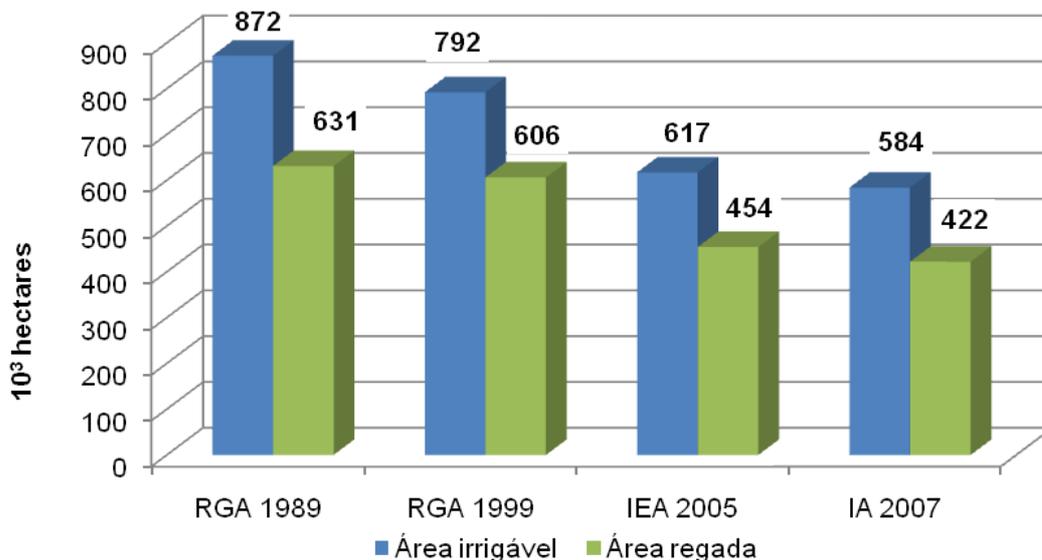


Figura 3 – Evolução das áreas regada e irrigável nacional (Dados: INE)

Contrariamente ao que aconteceu nos perímetros de rega, como apresentado na Figura 2, a área regada nacional teve um decréscimo significativo nas últimas décadas, como mostra a Figura 3, bem como a área irrigável. Em 1989, o Recenseamento Geral Agrícola (RGA) apurou 631.000 ha de área regada e 872.000 ha irrigáveis, em 1999 apurou 606.000 ha e 792.000 ha irrigáveis, em 2005 diminuiu para 454.000 ha regados e 617.000 ha irrigáveis e em 2007 o valor caiu para os 422.000 ha regados e 584.000 irrigáveis. Em duas décadas regaram-se menos 209.000 ha, ou seja, houve um decréscimo de 39% e em 2007 a área regada representava 72% da área equipada para regadio (INE, 2009).

Quanto à área equipada para regadio, em 1999, era de 791.986 ha, dos quais 112.744 ha eram de regadio colectivo público, 541.041 ha de regadio individual e 133.451 de regadio colectivo privado (INE, 2001). Em 2007, a área irrigável diminuiu para 583.736 ha, tendo-se reduzido 288.000 ha em duas décadas, o que revela pouco investimento das explorações agrícolas nacionais em sistemas de rega. A superfície irrigável do nosso país tem sido sempre inferior a 25% da Superfície Agrícola Utilizada (SAU), acrescida da tendência de decréscimo deste rácio desde 1989.

A área regada total nos regadios públicos representou, em 2007, apenas 14% da área total regada nacional, sendo de sublinhar que estes apresentaram uma relação entre a área regada e equipada para regadio de 48%, muito menos favorável do que a dos regadios privados (79%) (INE, 2009). Em média, nos perímetros de rega, para o período de 1986 a 2008, a relação entre área regada dentro do perímetro e área beneficiada, ou seja, a taxa de utilização da área beneficiada dos perímetros foi de 55% (DGADR, 2009). A evolução desta relação, para o referido período, encontra-se na Figura 4. Se considerarmos as áreas regadas fora do perímetro, dados que dispomos desde 2002, essa relação aumenta para 63% (Figura 5) (DGADR, 2009).

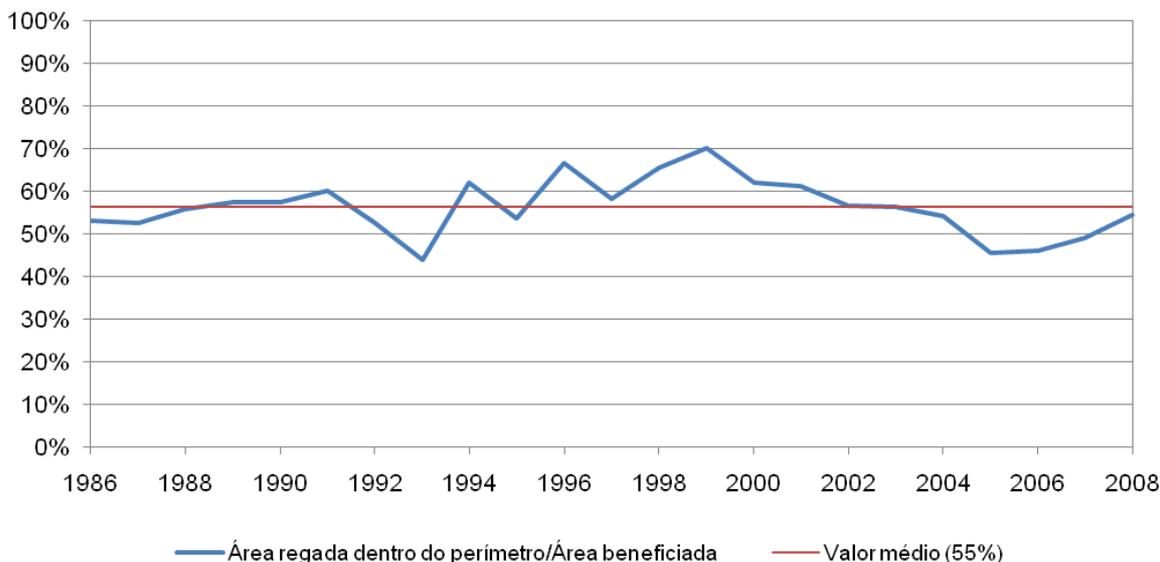


Figura 4 – Taxa de utilização dos aproveitamentos hidroagrícolas, entre 1989 e 2008, considerando a área regada dentro do perímetro (DGADR, 2009).

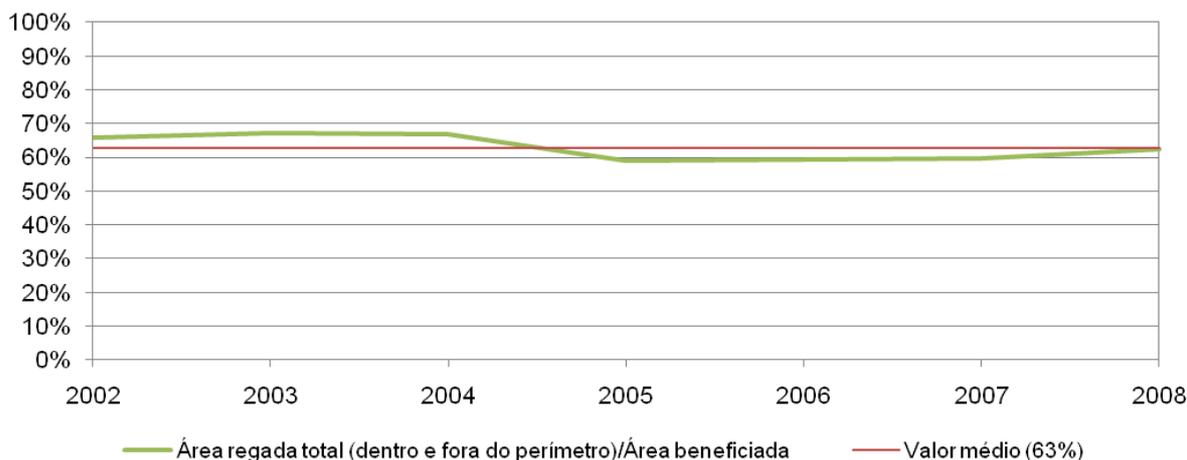


Figura 5 - Taxa de utilização dos aproveitamentos hidroagrícolas, entre 2002 e 2008, considerando a área regada dentro e fora do perímetro (DGADR, 2009).

Em 2008, o total regado nos perímetros de rega, com água do próprio aproveitamento hidroagrícola foi de 72.598 ha, repartidos em área dentro dos perímetros (61.191 ha) e fora dos perímetros (11.407 ha), havendo grande variação da razão entre área regada e área beneficiada, conforme mostra a Figura 6 (DGADR, 2009).

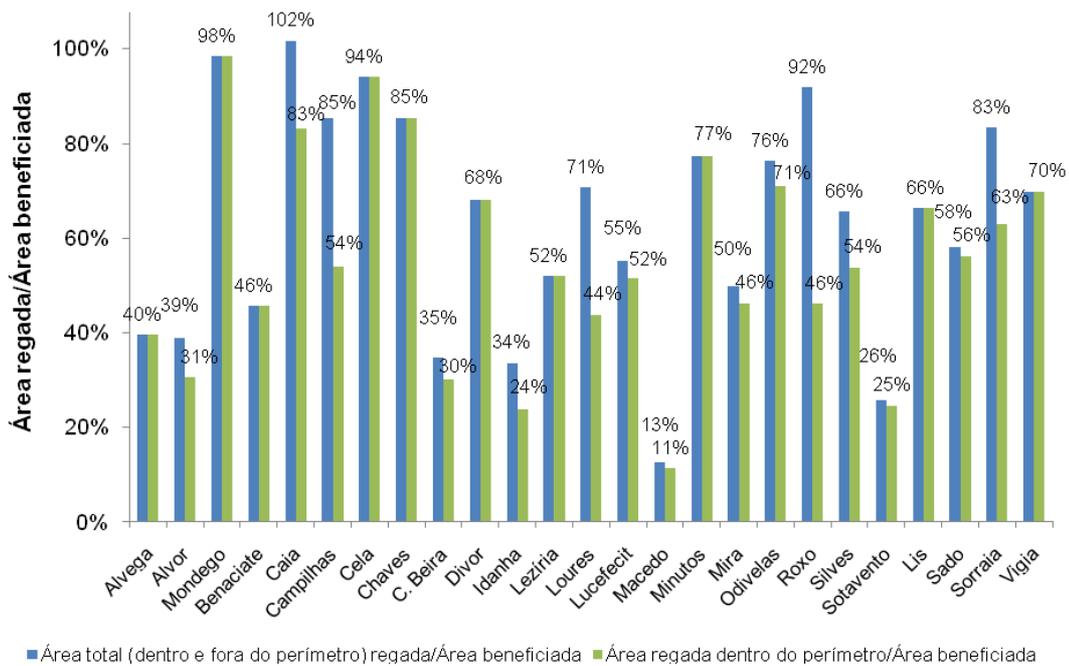


Figura 6 – Taxa de utilização dos perímetros de rega, em 2008 (DGADR, 2009).

A Figura 6 mostra-nos, que na campanha de rega de 2008, houve grande disparidade na taxa de utilização da área beneficiada dos perímetros, registando-se, por exemplo, valores da ordem dos 99% no do Baixo Mondego e 11% no de Macedo de Cavaleiros. Se considerarmos a área total regada, ou seja, incluindo a área regada fora dos perímetros com água própria do aproveitamento hidroagrícola, a taxa de utilização sobe, conforme apresentado na Figura 5.

A evolução dos volumes de água utilizados nos perímetros de rega é apresentada na Figura 7, verificando-se, de 1960 para 1999, um decréscimo bastante acentuado, de 15.000 m³/ha/ano para 8.500 m³/ha/ano, reduzindo-se quase para metade o consumo unitário. O recurso a sistemas mais eficientes, culturas menos exigentes em água e, em algumas situações, a diminuição da área regada, em grande parte, motivada pelas políticas agrícolas, são os factores que influenciaram essa redução.

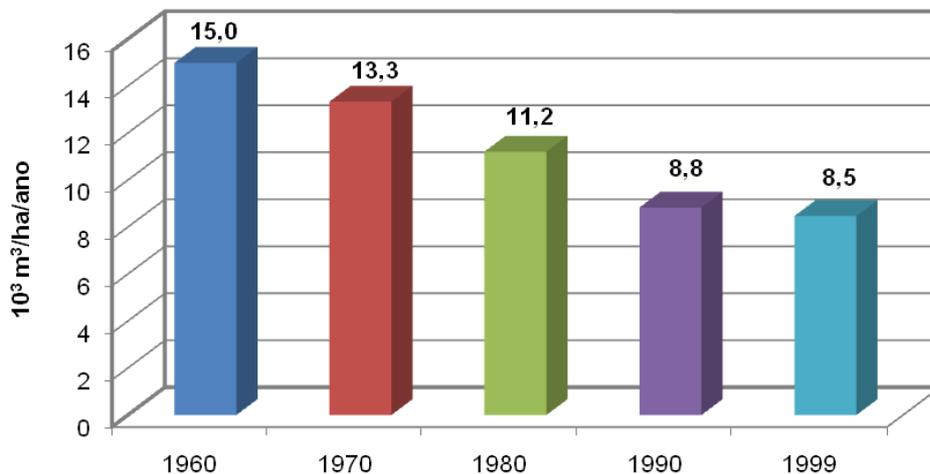


Figura 7 – Consumo unitário de água nos perímetros de rega, entre 1960 e 1999 (DGADR, 2008).

As principais culturas de regadio nos perímetros de rega, em termos de área, como mostra a Figura 8, é o milho (39%), prados e forragens (24%), horto-industriais (13%) e fruteiras, olival e vinha (13%), arroz (5%) (DGADR, 2009).

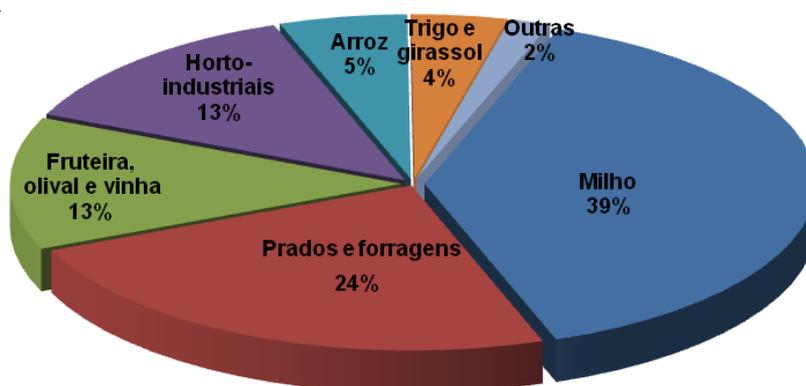


Figura 8 – Principais culturas regadas nos perímetros de rega, em 2008 (DGADR, 2009).

3. MODERNIZAÇÃO. CASO DO PERÍMETRO DE REGA DO VALE DO SORRAIA

Neste ponto é apresentado o exemplo de modernização da obra de rega do Vale do Sorraia, em que as novas tecnologias foram integradas num sistema de distribuição que já existia.

Pela idade avançada da obra e o seu estado de conservação, a Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia (ARBVS) sentiu a necessidade de realizar uma profunda reabilitação de toda a obra e, ao mesmo tempo, modernizá-la com vista à racionalização da gestão hidráulica diária e à definição de princípios modernos de gestão, que permitisse economia da mão-de-obra necessária à operação e funcionamento, à economia de energia e à resposta eficiente e rápida do sistema de transporte e distribuição às exigências dos novos métodos de rega.

Nesse sentido, em 1998, foi desenvolvido o projecto de reabilitação e modernização da obra de rega do Vale do Sorraia. Foram estudadas as características da obra, identificado o conjunto das principais necessidades, tendo em conta os seguintes pressupostos que estiveram na base da modernização da obra:

- aumentar e flexibilizar a resposta hidráulica do sistema de transporte e distribuição de água com regulação a montante, sustentando as áreas actualmente regadas, com as limitações da regulação e comando do sistema hidráulico;
- responder às necessidades dos agricultores, fortemente influenciadas pela Política Agrícola Comum (PACe dos investimentos realizados nas explorações;
- garantia do serviço aos beneficiários da obra e, ao mesmo tempo, aumentar o seu nível de satisfação, obtendo ganhos de qualidade do serviço prestado e de eficiência hidráulica do sistema;
- aplicar mecanismo regulador, de natureza técnica e administrativa, eficiente e de baixo custo;
- uso eficiente dos recursos humanos, da água e da energia;
- eventual expansão das áreas regadas, dependendo da disponibilidade de solos agrícolas com aptidão para o regadio e da disponibilidade de recursos hídricos.

A abordagem da modernização em engenharia de obras de rega é marcada por dois conceitos fundamentais: a sustentabilidade do uso dos recursos na agricultura de regadio - quer hídricos, energéticos, humanos – e a ambientalidade das soluções tecnológicas e de gestão.

No caso da modernização da obra do Vale do Sorraia foi aplicado conhecimento de maneira a melhorar o sistema de distribuição que já existia, com superior controlo e uso da água, sem recorrer à reconversão para sistema em pressão. Esta reconversão teria um custo, muito superior (cerca de 7.000 euros/ha) do que o associado à adaptação de um sistema que já existe (cerca de 850 euros/ha), automatizando-o e centralizando o seu controlo, operação e vigilância.

Fazendo um exercício de comparação dos custos de exploração, incluindo a taxa de recursos hídricos, no perímetro de rega do Vale do Sorraia, para produzir arroz (14.000 m³/ha) custaria cerca de 146 €/ha e para produzir milho (6.000 m³/ha) custaria 119 €/ha. Na zona de regadio de Alqueva, custaria produzir milho 500 €/ha, no caso de receber água em alta pressão e 370 €/ha no caso de receber água em baixa pressão. No caso em que não recebe água em alta pressão, estes custos seriam acrescidos do custo com a infra-estrutura própria do agricultor (cerca de 180 €/ha).

Seguidamente analisam-se os ganhos com a modernização da obra do Vale do Sorraia.

Analisando os dados das campanhas de rega de 1990 até 2009, apresentados na Figura 9, verifica-se uma inversão nos volumes de água utilizada para rega, a partir de 1993, com aumento do uso de água tem sido acompanhado pelo aumento da área regada do perímetro do Vale do Sorraia. Este facto, deve-se em parte, à redução da área de arroz.

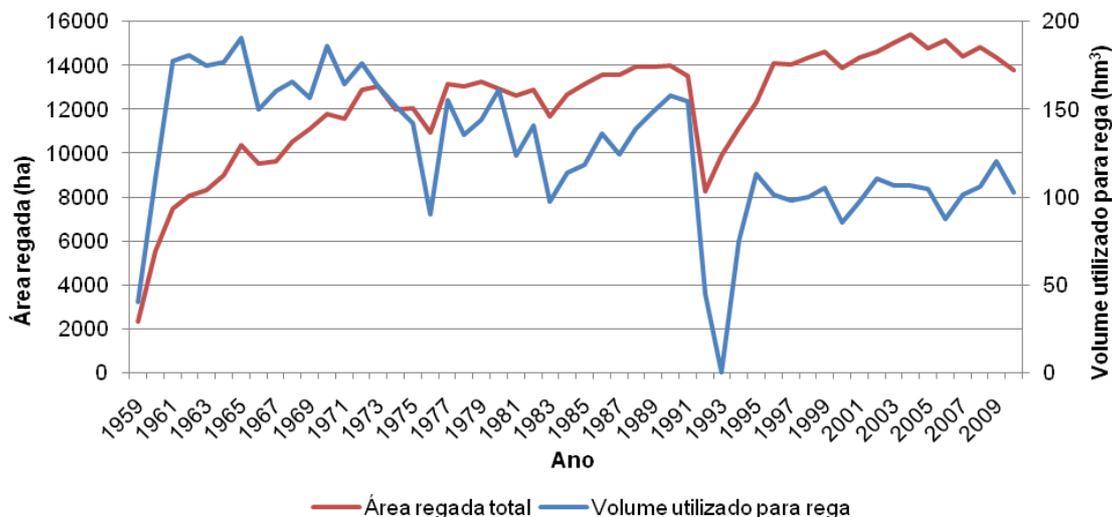


Figura 9 – Evolução da área regada e dos volumes utilizados para rega no perímetro do <t>Vale do Sorraia, entre os anos 1959 e 2009 (Fonte: ARBVS).

A Figura 10 apresenta a evolução da fracção de água utilizada obtida pela relação de caudais aduzidos à rede de rega (que se traduz pela diferença de níveis de água nas albufeiras, retirada a componente evaporada) e os caudais fornecidos à entrada da exploração agrícola. Analisando os dados das campanhas de rega desde 1990 até 2009, não existe uma variação abrupta em termos de redução de perdas de água pois, a reabilitação e modernização da obra teve várias fases e em anos diferenciados. Pode verificar-se que a fracção de água utilizada (razão entre volume fornecido aos regantes e o que sai das barragens) teve uma tendência de aumento da ordem dos 10% nos últimos 20 anos e, com as obras de modernização, a sua variação é menor.

É importante avaliar o nível de eficiência que se pretende em termos de uso da água pois, apesar da palavra eficiência significar que parte da água é perdida, tal não é necessariamente o caso. Efectivamente, parte da água não usada pelas culturas pode ser usada mais a jusante, para alimentar as linhas de água ou contribuir para a recarga dos aquíferos. Contudo, será sempre perdida do ponto de vista do investimento realizado nos sistemas de captação, armazenamento, adução e distribuição.

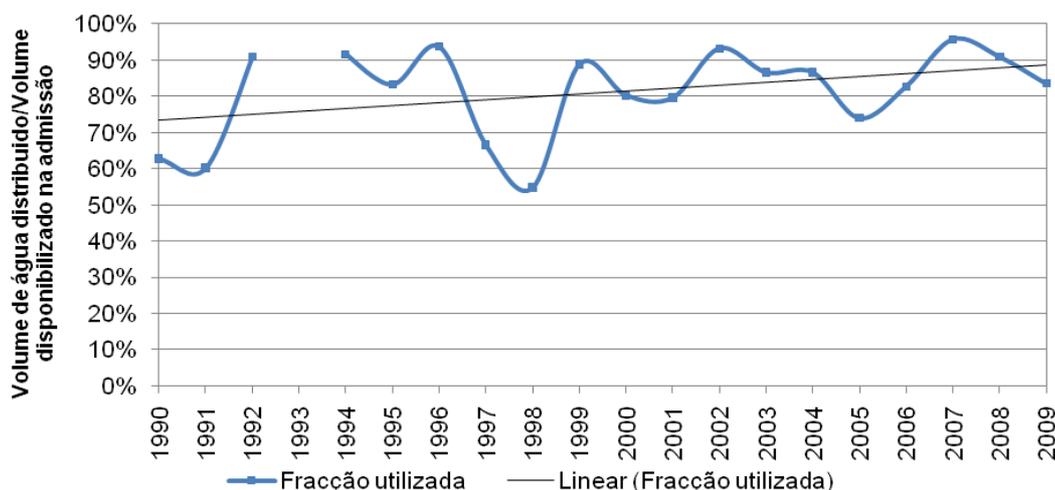


Figura 10 – Evolução do volume de água distribuído e o disponibilizado na admissão, entre 1990 e 2009, no perímetro do Vale do Sorraia (Fonte: ARBVS).

Na Figura 11, apresenta-se a evolução, no perímetro de rega do Vale do Sorraia, da relação da área regada total com a área beneficiada e da área regada da cultura de arroz com a área beneficiada, nas campanhas de rega de 1990 a 2009. Considerou-se também a área regada fora do perímetro, com água própria do Aproveitamento Hidroagrícola.

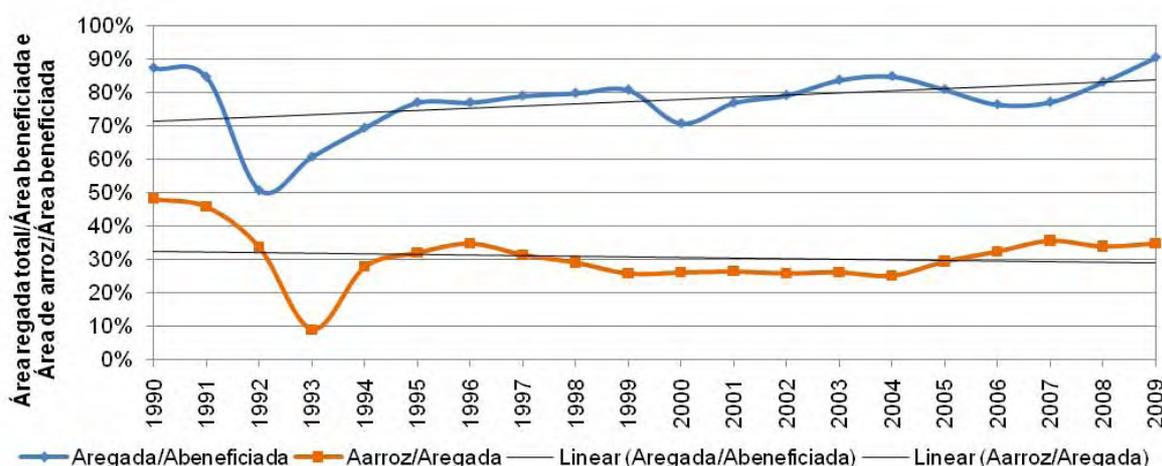


Figura 11 – Evolução da área regada total/área beneficiada e área regada da cultura de arroz/área beneficiada, entre 1990 e 2009, no perímetro do Vale do Sorraia (Fonte: ARBVS)

A taxa de utilização do perímetro de rega do Vale do Sorraia tem, em média, comparativamente com a média dos perímetros (63% conforme atrás referido) valores bastante elevados, da ordem dos 80%, e tem vindo a aumentar gradualmente, registando uma taxa de utilização de 83% na campanha de 2008 e 90% na campanha de 2009.

A percentagem de área de arroz, neste perímetro de rega é uma questão que importa referir: se a área de arroz se reduz, haverá tendência, em termos de sistema hidráulico, a restringir a capacidade de distribuição. Para evitar a degradação da qualidade do serviço fornecido pelo sistema hidráulico, conforme apurado no projecto de modernização da obra, é evitar o decrescimento das áreas de arroz, cuja rega, em canteiros de nível, está especialmente adaptada para funcionar em rega contínua, dia e noite, e conseqüentemente, ao tipo de regulação e comando do sistema hidráulico para que foi concebido, cujas limitações ou ineficiências, são tanto maiores quanto mais amplas forem as oscilações dos caudais distribuídos ao longo de um ciclo diário de 24 horas.

Conforme podemos verificar pela Figura 11 a área de arrozais tem-se mantido no perímetro de rega do Vale do Sorraia, nos últimos anos, com um peso médio na ordem dos 31% da área regada, e em termos de consumo de água reduzidos em cerca de 50% (Figura 9).

As culturas adoptadas dependem muito das políticas agrícolas mas é possível intervir relativamente ao nível do condicionamento da evolução e das características da procura, nomeadamente actuando sobre o tarifário, aplicando a Associação de Regantes e Beneficiários, neste caso, uma sobretaxa às restantes culturas, de forma a contrariar a redução da área de arroz, e incentivar nas restantes culturas técnicas de rega mais eficientes.

A Figura 12 apresenta a evolução dos sistemas de rega no perímetro do Vale do Sorraia, nas campanhas de 2004 a 2009. O sistemas mais representativos são a rega por gravidade, pivot e gota-a-gota. A rega por gravidade (ligada à área de arroz) representou, em 2009, 31,6% do total da área regada, a rega por pivot 31,3% e a rega por gota-a-gota 21,5% (Dados: ARBVS). Nas últimas 4 campanhas, verificou-se um aumento da área regada por gota-a-gota com pequenas oscilações das áreas dos restantes sistemas.

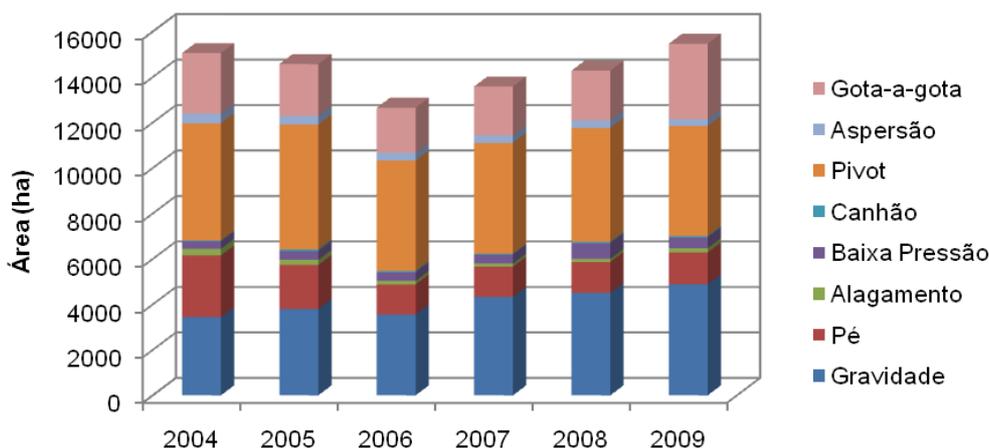


Figura 12 – Evolução dos sistemas de rega no perímetro de rega do Vale do Sorraia, de 2004 e 2009 (Fonte: ARBVS).

4. CONCLUSÕES

Do conjunto de dados apresentados, podemos concluir que a modernização da obra de rega do Vale do Sorraia permitiu:

- Dispor de regulação por montante sob controlo centralizado através de sistema de televigilância e telecomando, facilitando a gestão do sistema;
- Melhorar o serviço de distribuição;
- Aumentar a garantia do serviço;
- Aumentar a capacidade de resposta;
- Eliminar falhas na distribuição;
- Reduzir as fracções não utilizadas de água e as perdas de água;
- Reduzir as oscilações da eficiência de utilização da água;
- Reduzir mão-de-obra (requalificação/formação de pessoal).

As necessidades crescentes de economia em mão-de-obra, energia e poupança de água, com garantia da qualidade do serviço de distribuição de água, em quantidade e em tempo útil, justificam novos desenvolvimentos em técnicas de gestão e constituem as principais razões para modernização dos perímetros de rega. Impõem novos desafios, tais como:

- seleccionar variedades de culturas que requerem menor quantidade de água;
- recorrer a recursos hidrológicos alternativos, por exemplo, água tratada de Estações de Tratamento de Água Residuais (ETAR's);
- reaproveitar caudais a jusante dos sistemas de transporte e a construção de reservatórios intercalares para aumentar a capacidade de reserva e de resposta.

Referências Bibliográficas

ARBVS (1986 a 2009). Relatórios dos Exercícios dos anos 1986 a 2009. *Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia*.

CEMAGREF (1997). Information Techniques for Irrigation Systems. *Fourth International Network Meeting on Modern Techniques for Manual Operation of Irrigation Canals. Marrocos. pp. 25-27 Abril 1997*.

DGADR (2008). Workshop Planeamento e gestão do uso do solo agrícola – *Comunicação da Direcção Geral de Agricultura e do Desenvolvimento Rural, LNEC, Lisboa, 11 de Dezembro de 2008. Disponível em: <http://www.lnec.pt>. Acesso em: 8 de Fevereiro de 2009*.

DGADR (2009). Aproveitamentos Hidroagrícolas do Grupo II. Elementos Estatísticos 1986-2008. *Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa*.

INAG (2001a). Plano Nacional da Água. Parte I - Enquadramento e contextualização. Volume II - Caracterização e diagnóstico da situação dos recursos hídricos. Capítulo 4: Usos, consumos e necessidades de água. Versão de trabalho. *Instituto da Água, Lisboa. Abril de 2001*.

INAG (2001b). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território- Versão preliminar. *Estudo elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) com apoio do Instituto Superior de Agronomia (ISA). Instituto da Água. Lisboa. Setembro de 2001*.

INE (1991). Recenseamento Geral Agrícola de 1989. *Instituto Nacional de Estatística, Lisboa*.

INE (2001). Recenseamento Geral Agrícola de 1999. *Instituto Nacional de Estatística. Lisboa*.

INE (2007). Inquérito às Explorações Agrícolas de 2005. *Instituto Nacional de Estatística. Lisboa*.

INE (2009). Indicadores Agro-Ambientais 1989-2007. *Instituto Nacional de Estatística. Lisboa*.



**ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS:
DISPONIBILIDADES E
PERSPECTIVAS DE
UMA UTILIZAÇÃO
INTEGRADA E
SUSTENTÁVEL DOS
RECURSOS
HÍDRICOS**

**GROUNDWATER:
AVAILABILITY AND
PROSPECTS FOR AN
INTEGRATED AND
SUSTAINABLE USE
OF WATER
RESOURCES**

Autor:

Luís Ribeiro

Professor Associado c/ agregação do Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

Resumo

Em Portugal continental os recursos hídricos subterrâneos encontram-se distribuídos no território de forma irregular devido às diferentes condições climáticas e geológicas, agrupando-se em quatro unidades hidrogeológicas: Bacia do Tejo e Sado, Unidade Meridional, Unidade Ocidental e Maciço Hercínico.

Apesar de variáveis em termos de produtividade, os aquíferos permitem frequentemente responder de forma positiva às necessidades da agricultura em água, pois resistem melhor à seca e, contrariamente aos recursos superficiais, estão disponíveis quando é mais necessário, nomeadamente no Verão.

Detectam-se deficiências e lacunas ao nível da informação rigorosa sobre a quantidade de águas subterrâneas extraídas pela agricultura e sobre a dinâmica da recarga dos aquíferos. De acordo com a última informação disponível (Plano Nacional da Água 2002), as actividades agrícolas eram responsáveis pelo consumo de 4210 hm³ de águas subterrâneas, ou seja 88,7% do total utilizado.

Actualmente, as más práticas agrícolas representam a maior ameaça para as águas subterrâneas devido ao perigo de afectarem negativamente a respectiva qualidade, através da salinização e da contaminação com nitratos e pesticidas.

Neste contexto, existem diversos mecanismos que procuram garantir uma utilização integrada e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, dos quais se destacam a directiva 2006/118/CE das águas subterrâneas, a directiva Nitratos e os planos de gestão das regiões hidrográficas.

A disponibilização de mais e melhor informação sobre o uso da água é fundamental para o acompanhamento e monitorização do estado e da evolução dos recursos hídricos subterrâneos em Portugal.

Palavras-chave: aquíferos subterrâneos, agricultura, águas subterrâneas, nitratos, práticas agrícolas, contaminação.

Abstract

In Portuguese mainland, the groundwater resources are distributed unevenly in the territory due to different geological and climatic conditions. Four hydrogeological units can be identified: the Tagus and Sado Basin, Meridional Unit, Western Unit and Hercynian Massif.

Although variable in terms of productivity, often aquifers allow to respond positively to the needs of agriculture in water, as more resilient to drought and, unlike the surface water resources, are available when needed most, particularly in Summer.

There are gaps in accurate information about the amount of groundwater extracted for agriculture and on the dynamics of groundwater recharge. According to the last available information (National Water Plan 2002), agricultural activities were responsible for the consumption of 4210 hm³ of groundwater, ie 88.7% of total use.

Currently, poor agricultural practices pose the greatest threat to groundwater due to the danger of adversely affect their quality through salinization and contamination with nitrates and pesticides.

In this context, there are several mechanisms which seek to ensure an integrated and sustainable use of groundwater resources, among which are the Directive 2006/118/CE of groundwater, EC nitrate Directive and the management plans of watershed management plan

More and better information on the use of water is essential for tracking and monitoring the state of groundwater resources in Portugal.

Key-words: underground aquifers, agriculture, groundwater, nitrates, agricultural practices, pollution.

1. SISTEMAS AQUÍFEROS DE PORTUGAL CONTINENTAL

Do ponto de vista hidrogeológico, ocorrem em Portugal sistemas geológicos de vários tipos (poroso, fissurado e cársico) que condicionam o armazenamento e a transmissão da água subterrânea. Existem observatórios singulares de interacção com outros meios aquáticos em diversos ambientes climáticos como sejam os rios, os estuários e os oceanos. Portugal continental está dividido em quatro grandes unidades hidrogeológicas (INAG, 1997): o Maciço Antigo; a Orla Ocidental; a Orla Meridional e a Bacia do Tejo-Sado. Nessas unidades estão delimitados 62 sistemas aquíferos (Figura 1).

No Maciço Antigo predominam as rochas ígneas e metamórficas. Embora consideradas como impermeáveis estas formações têm uma capacidade de armazenamento não desprezável, quer nas zonas de alteração superficial quer no sistema de fracturas que as afectam, e que se traduz pela regularização do escoamento dos cursos de água que as atravessam, garantindo um caudal mínimo em rios que fluam em regiões semi-áridas como o Alentejo durante os períodos de estiagem. A água que circula por esses sistemas de fracturas dá origem muitas vezes a numerosas nascentes que debitam durante todo o ano pequenos caudais. Claramente associado a estes acidentes estruturais está ainda o surgimento de importantes nascentes termais. Dada a elevada complexidade dessas formações, que se traduz em geral pela extrema dificuldade em estabelecer modelos conceptuais de circulação de água minimamente credíveis, o conhecimento desses meios hidrogeológicos é ainda muito limitado. No seio dessas formações surgem, contudo, unidades aquíferas com um interesse hidrogeológico relevante, associadas a rochas calcárias, a gabros, a terraços e a cascalheiras que ocupam depressões do soco antigo e a outras formações jurássicas e terciárias. Como exemplos podemos apontar o sistema aquífero de Escusa, no Alentejo e o aquífero de Veiga de Chaves em Trás-os-Montes.

Na Orla Ocidental existe uma grande variedade de formações que constituem o suporte de 28 sistemas aquíferos: unidades detríticas de idade terciária e quaternária; arenitos e calcários cretácicos e calcários do jurássico. Esta diversidade hidrogeológica é responsável pela grande heterogeneidade das formações aquíferas e por uma paleta hidrodinâmica muito rica, com óbvios reflexos nos funcionamentos hidráulicos dos sistemas aquíferos que aí se situam. Estas circunstâncias tornam a Orla Ocidental uma paisagem hidrogeológica ímpar no País.

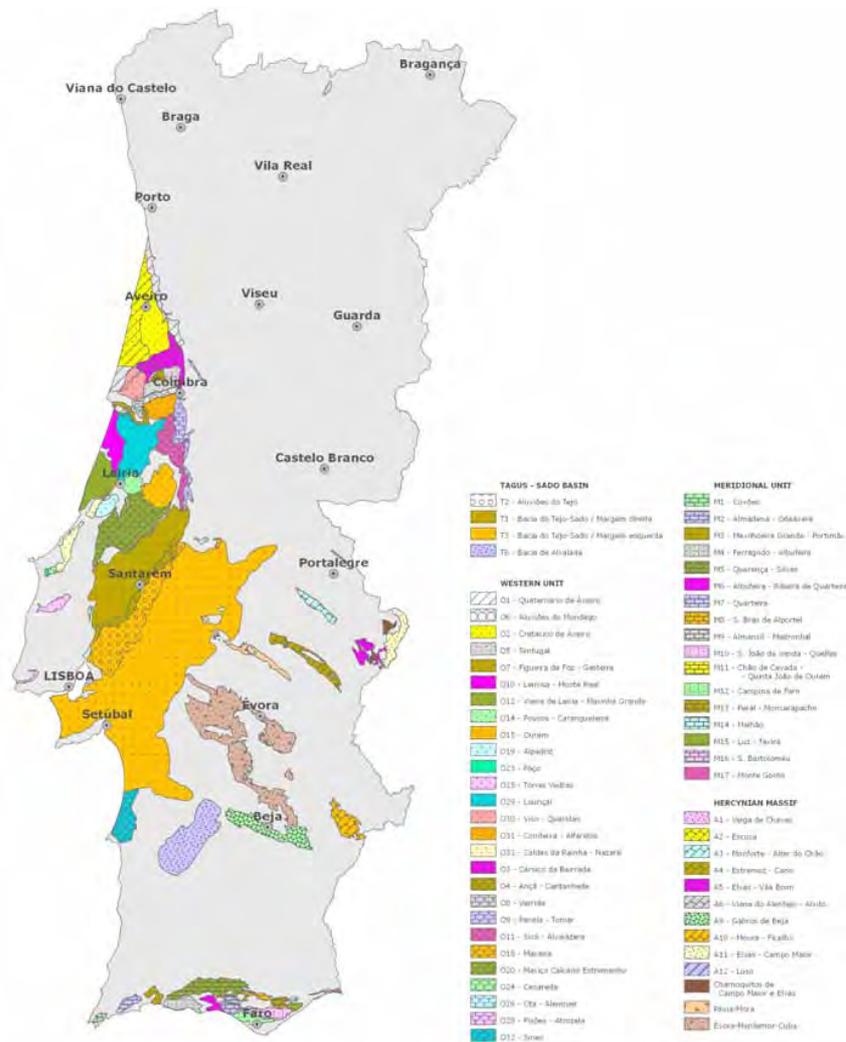


Figura 1 – Sistemas aquíferos de Portugal continental

Por sua vez a Orla Meridional é constituída por formações detríticas e carbonatadas de um modo geral muito produtivas na qual foram delimitados 17 sistemas aquíferos. Contrariamente ao que se passa na Orla Ocidental esta unidade hidrogeológica é caracterizada pela sua grande homogeneidade litológica de características cársicas ou parcialmente cársicas.

Finalmente a Bacia do Tejo-Sado é constituída por formações detríticas de idade terciária e quaternária. É aqui que se situa o mais extenso sistema aquífero da Península Ibérica: o sistema da bacia do Tejo-Sado. Para além deste foram identificados mais quatro sistemas aquíferos todos eles de características porosas, contribuindo pela sua extensão, espessura e produtividade para tornar a Bacia do Tejo e Sado a mais importante unidade hidrogeológica do País.

Dos 62 sistemas aquíferos já identificados 21 são sistemas cársicos, 22 são porosos, 13 têm comportamento misto poroso-cársico, 5 são cársico-fissurados e um é poroso-fissurado. Em termos de extensão geográfica, são os de natureza porosa que ocupam uma maior parcela (60%) da área coberta pela totalidade dos sistemas (cerca de 18.000 km²).

2. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS E USOS

Entende-se aqui Disponibilidade Hídrica Subterrânea (DHS) como aquele volume de água subterrânea que o aquífero ou formação hidrogeológica pode fornecer em condições naturais, parcela que está associada à recarga por infiltração da chuva.

A recarga pode-se definir como a água infiltrada que escoando verticalmente vai atingir a superfície freática. Trata-se da parcela de água infiltrada que resta depois de deduzida a quantidade evapotranspirada.

Identificam-se em geral as seguintes fontes de recarga num sistema hidrogeológico:

- precipitação
- cursos de água e lagos
- fluxos inter-aquíferos incluindo fenómenos de drenância
- retornos por regas
- urbanas

Os valores estimados oscilam entre os 5% para os xistos até valores superiores a 50% para as formações cársicas. Na figura 2 estão representados diagramas de extremos e quartis calculados com base nos valores de taxa de recarga estimados nas 4 unidades hidrogeológicas. Nota-se que a maior dispersão ocorre nas Orlas Ocidental e Meridional.

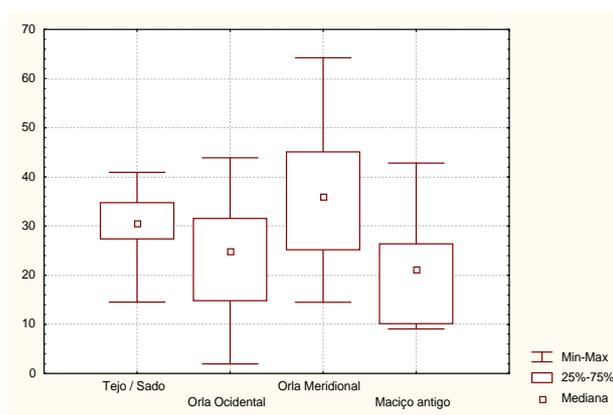


Fig. 2 - Diagramas de extremos e quartis construídos com base em taxas de recarga estimadas para as 4 unidades hidrogeológicas

Na avaliação de DHS não foram contemplados os volumes provenientes de fenómenos de recarga induzida ao longo de cursos de água, lagos, aquitardos, etc.

Esta componente está associada ao caudal de segurança, isto é, à extracção de água que não excede a recarga média.

Os valores de DHS apresentam-se em $\text{hm}^3/\text{ano}/\text{km}^2$, tendo-se utilizado para o efeito um valor de recarga média anual e a área de afloramento do aquífero ou formação hidrogeológica. Note-se que esta área pode por razões óbvias ser diferente da área preferencial de recarga.

A figura 3 mostra o mapa de Portugal Continental, com a distribuição de DHS por classes de valores.

Como se esperava os maiores valores estão associados a aquíferos cársicos (Ota-Alenquer, Sicó, Maciço Calcário Estremenho) e os menores às formações cristalinas (Maciço Antigo).

A figura 4 é o histograma dos valores de DHS onde é bem visível a natureza assimétrica da distribuição. A mediana dos valores é de $0.15 \text{ hm}^3/\text{ano}/\text{km}^2$, sendo de 73% o coeficiente de variação.

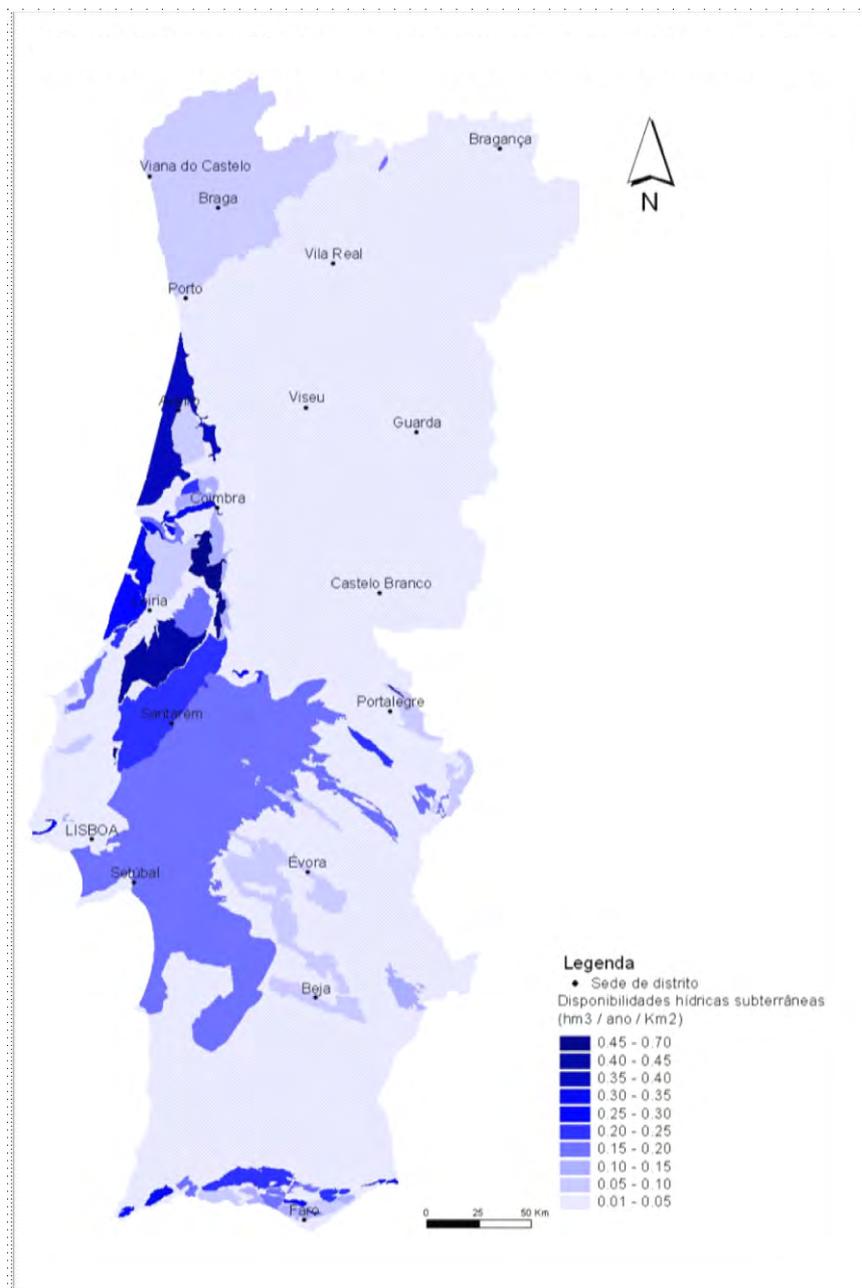


Figura 3 – Disponibilidades Hídricas Subterrâneas de Portugal Continental

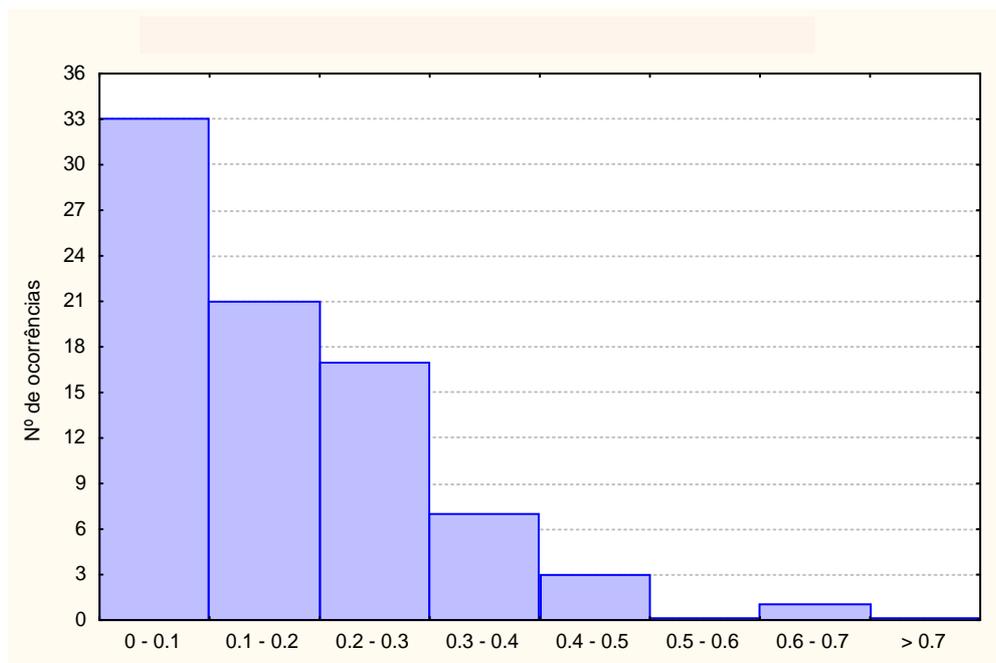


Figura 4 – Histograma de DHS - disponibilidades hídricas subterrâneas (hm³/ano/Km²)

De acordo com o PNA (INAG, 2001) cerca de 85% da população residente no continente é abastecida por água potável, o que corresponde a um valor de consumo de cerca de 560 hm³/ano. O valor da capitação varia entre 130 l/hab/dia e 530 l/hab/dia.

No que respeita ao volume de água subterrânea, utilizado pelas entidades gestoras de sistema de abastecimento de água de Portugal continental (Quadro 1), ele corresponde a cerca de 63 % do total de água consumida.

Quadro 1- Consumos de água superficial e subterrânea em Portugal continental. (Fonte: INAG, 2001)

	Água superficial		Água subterrânea	
	km³/ano	%	km³/ano	%
Irrigação	2.34	36	4.21	64
Urbano	0.21	37	0.35	63
Indústria	0.21	54	0.18	46
Total	2.76	37	4.74	63

O PNA estima que as necessidades actuais da indústria em Portugal continental rondam os 385 hm³/ano que são utilizados maioritariamente por quatro sectores: fabrico da pasta de papel, indústria alimentar e de bebidas, indústrias metalúrgicas de base e, ainda, fabricação de produtos químicos. Os maiores consumos localizam-se nas bacias hidrográficas do Tejo, Sado e Douro. Cerca de 46 % de consumo de água é assegurado por água subterrânea (Quadro 1).

A agricultura é a actividade que mais água consome em Portugal continental. O PNA estima que o consumo de água para a agricultura seja cerca de 6550 hm³/ano, isto é 75% do valor estimado das necessidades globais de água. As bacias do Tejo, Sado e Douro são aquelas onde existe maior consumo. No total do País a componente subterrânea contribui com a maior fatia: 64% (Quadro 1).

3. PRINCIPAIS IMPACTOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS

Apesar de se encontrarem melhor protegidas contra a contaminação do que as águas superficiais, e não obstante o poder filtrante e as características autodepuradoras revelados pelos sistemas aquíferos, uma vez poluídas, as águas subterrâneas podem gerar processos praticamente irreversíveis sendo posteriormente a sua descontaminação muito difícil. Entre as potenciais ameaças de poluição à água subterrânea estão o uso intensivo de adubos, fertilizantes e pesticidas em actividades agrícolas e não agrícolas; a deposição de resíduos industriais sólidos e líquidos ou de produtos que podem ser dissolvidos e arrastados por águas de infiltração em terrenos muito vulneráveis, a deposição de dejectos animais resultantes de actividades agropecuárias; a construção incorrecta de fossas sépticas; a utilização de herbicidas e fungicidas em zonas agrícolas e campos de golfe; a sobre-exploração dos aquíferos em zonas sensíveis de que resultam a degradação dos ecossistemas, a intrusão marinha e a subsidência dos solos.

O acréscimo de concentração em nitratos nas águas subterrâneas é consequência na maioria dos casos de fontes difusas ligadas à utilização intensiva e não raro irracional de fertilizantes nas actividades agrícolas. Os compostos azotados no solo encontram-se sob diversas formas num estado de equilíbrio dinâmico. Em condições aeróbias e em presença de matéria orgânica abundante, os processos de amonificação e de nitrificação, provocam a mineralização do azoto orgânico em nitrato, que constitui o produto final e estável destas reacções. O ião nitrato é muito solúvel na água e sendo adsorvido pelo solo (argila mais húmus), é facilmente lixiviado pelas águas de percolação até à zona saturada.

A aplicação de estrumes contribui igualmente para o aumento de nitratos, devido à nitrificação do amónio resultante da fermentação de compostos orgânicos azotados, e outros compostos inorgânicos, além de ocasionar contaminação do tipo microbiológico.

As práticas de regadio provocam também o aumento generalizado dos sais, devido à alternância de ciclos de evapotranspiração. Em particular as práticas denominadas de reciclagem cíclica que consiste na reutilização da água de retorno, propicia o aumento de mineralização assim como o aumento do teor em cloretos (Stigter, 2005).

No que aos pesticidas diz respeito deve referir-se que a poluição nas águas subterrâneas não atinge a gravidade que se observa nas massas de água superficiais. Tal deve-se ao facto de aqueles compostos tenderem a ser adsorvidos ao nível do solo e sofrerem processos de degradação, que nalguns casos são suficientemente eficientes para levar à sua total eliminação.

Em Portugal continental o diagnóstico e a caracterização da qualidade das águas subterrâneas realizados no Plano Nacional de Água e nos Planos de Bacia Hidrográfica (INAG, 2001) mostrou claramente existirem níveis de concentração de nitratos de origem agrícola em alguns sistemas aquíferos do País ultrapassando em muitos casos o valor paramétrico de 50mg/L, como são os casos dos sistemas aquíferos dos Gabros de Beja, da Campina de Faro e das aluviões do Tejo.

Utilizando métodos de avaliação da vulnerabilidade à poluição agrícola é possível identificar as áreas dos sistemas aquíferos mais susceptíveis à contaminação por nitratos. Os mais eficazes são os específicos já que ao introduzirem o descritor Ocupação do Solo, reduzindo ao mesmo tempo a redundância dos parâmetros diminuem a sub-avaliação dos mapas de vulnerabilidade (Stigter et al., 2006). Na Figura 5 está representada a carta da vulnerabilidade das aluviões do Tejo calculada pelo método Índice de Susceptibilidade (IS). Este método é uma adaptação do índice DRASTIC e tenta corrigir duas das principais deficiências correntemente atribuídas a este último: a redundância entre parâmetros e o sistema de ponderação arbitrário (Ribeiro, 2005). Ao adicionar um novo parâmetro, a ocupação do solo, o IS avalia de uma forma mais realista a vulnerabilidade específica dos aquíferos causada pelos impactos potenciais do uso dos solos e dos contaminantes a ele associados. O IS é calculado pela soma ponderada de cinco parâmetros. Os primeiros quatro parâmetros: D (*Depth to water*) – profundidade do nível freático; R (*Recharge*) – recarga; A (*Aquifer media*) – tipo litológico do aquífero e T (*Topography*) – topografia, são extraídos directamente do DRASTIC. O quinto e novo parâmetro LU (acrónimo da palavra inglesa *Land Use*) define a ocupação do solo. Os pesos atribuídos a cada parâmetro foram calculados com base num painel DELPHI de técnicos e especialistas portugueses em hidrogeologia e áreas afins.

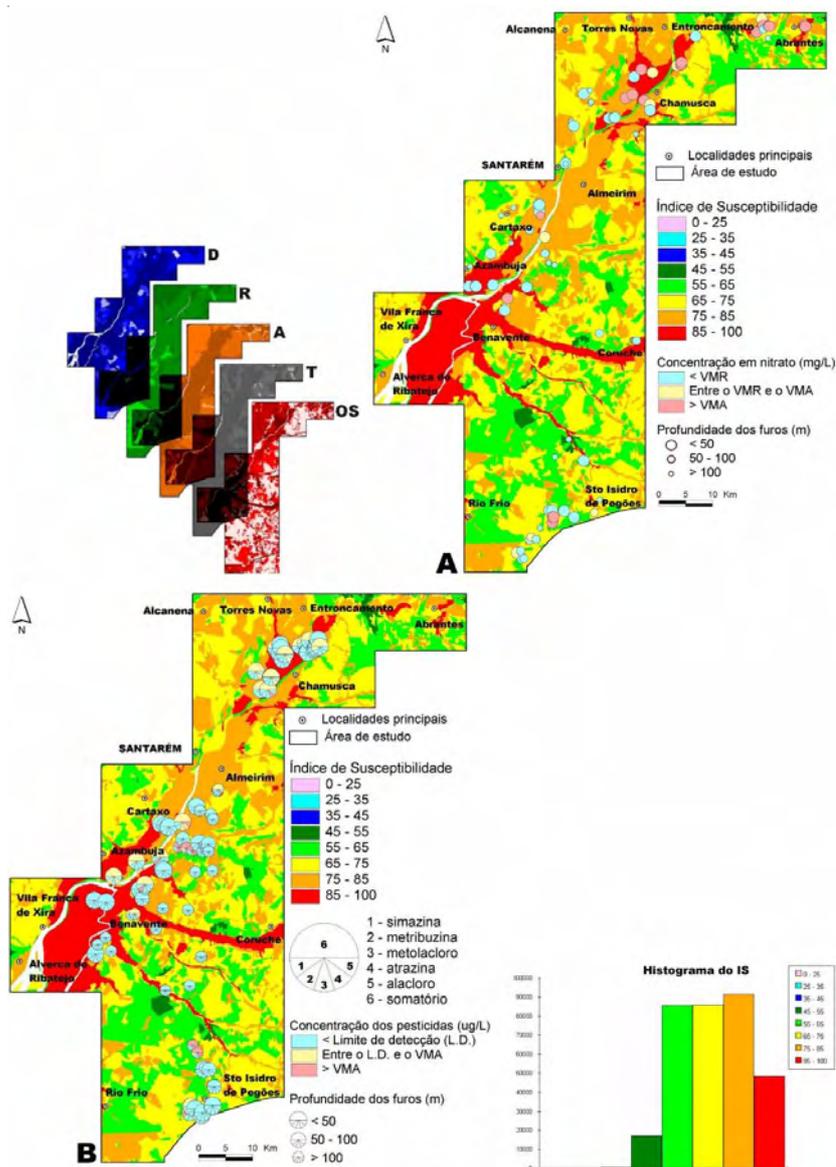


Figura 5 - Mapas do Índice de Susceptibilidade (IS) com indicação dos resultados da monitorização de 1996 relativa aos nitratos (A) e resultados das campanhas de pesticidas de 1998, (B) VMA – Valor Máximo Admissível, VMR – Valor Máximo Recomendável. Fonte: Paralta et al., 2001

Os resultados indicam como áreas de alta susceptibilidade à contaminação a região da Golegã-Chamusca, Abrantes e o polígono Cartaxo-Benavente-Alverca-V. Franca de Xira correspondentes a áreas de agricultura intensiva e ainda zonas de muita alta susceptibilidade correspondentes a afluentes do Rio Tejo onde estão instalados extensos arrozais (Paralta et al., 2001), sendo em geral concordantes com as classes de valores de nitratos e pesticidas observados em 1996 e 1998.

Por outro lado a Figura 6 apresenta os mapas de iso-probabilidade, calculados por métodos geoestatísticos, que a concentração de NO_3^- exceda o valor limite de 50 mg/L no sistema aquífero da campina de Faro em 2 períodos distintos. Observe-se que há 20 anos, o risco das concentrações de NO_3^- excederem aquele valor já era elevado no aquífero superior arenoso no centro e sul da Campina de Faro. Acções adequadas na altura podiam ter resultado numa evolução das actividades agrícolas numa forma cuidadosa e racional e podiam ter impedido o aumento do risco, tanto em área como em profundidade. O facto é que 20 anos depois o risco das concentrações exceder os 50 mg/L nos aquíferos acima de 50 m é de 90-100% em praticamente toda a área (Sigter, 2005; Stigter et al., 2005).

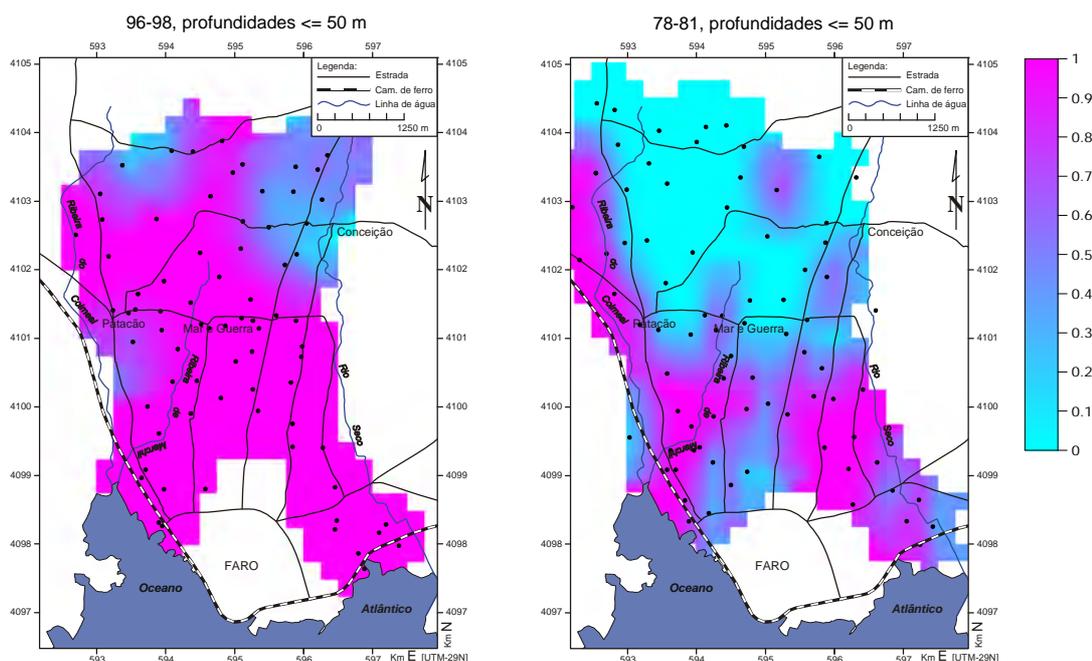


Figura 6 - Cartas de iso-probabilidade que as concentrações de NO_3^- possam exceder os 50 mg/L, para os períodos de 196-98 e 1970-81 na área da Campina de Faro. Os valores experimentais foram obtidos em poços com profundidades inferiores a 50m

4. MEDIDAS DE PROTECÇÃO DE AQUÍFEROS

As águas subterrâneas são um recurso natural valioso que, enquanto tal, deverá ser protegido da deterioração e da poluição química e que tal protecção é particularmente importante no que respeita aos ecossistemas dependentes das águas subterrâneas e à utilização destas águas para o abastecimento de água destinada ao consumo humano. Assim o Parlamento Europeu e o Conselho aprovaram a 12 de Dezembro de 2006 a Directiva 2006/118/CE, prevista nos n.ºs 1 e 2 do artigo 17º da Directiva 2000/60/CE, para impedir e controlar a poluição das águas subterrâneas, estabelecendo medidas específicas que incluem designadamente: critérios para a avaliação do bom estado químico das águas subterrâneas; e critérios para a identificação e a inversão de tendências significativas e persistentes para o aumento das concentrações de poluentes e para a definição dos pontos de partida para a inversão dessas tendências.

Os limiares aplicáveis ao bom estado químico das águas subterrâneas baseiam-se na protecção da massa de água, concedendo-se particular atenção às suas repercussões sobre, e à sua inter-relação com, as águas de superfície associadas e os ecossistemas terrestres e as zonas húmidas directamente dependentes; devem ser tidos em conta, nomeadamente, conhecimentos de toxicologia humana e de ecotoxicologia (art.º 3º).

Caso se considere que uma massa de águas subterrâneas está em bom estado químico devem os Estados-Membros em conformidade com o artigo 11º da Directiva 2000/60/CE, tomar as medidas consideradas necessárias para proteger os ecossistemas aquáticos, os ecossistemas terrestres e as utilizações humanas das águas subterrâneas em função da parte da massa representada pelo ponto ou pontos de monitorização em que o valor de uma norma de qualidade ou o limiar de águas subterrâneas foi excedido (art.º 4º).

Em particular os Estados-Membros devem inverter as tendências que apresentam um risco significativo de nocividade para a qualidade dos ecossistemas aquáticos ou terrestres, para a saúde humana ou para utilizações legítimas reais ou potenciais do ambiente aquático, através do programa de medidas referido no artigo 11 da Directiva 2000/60/CE, com vista a progressivamente reduzir a poluição e prevenir a deterioração das águas subterrâneas (art.º 5).

Os Estados-Membros estabelecerão ainda segundo a mesma Directiva limiares para todos os poluentes e indicadores de poluição que, em conformidade com a caracterização efectuada nos termos do artigo 5º da Directiva 2000/60/CE, contribuem para a caracterização de massas ou de grupos de massas de águas subterrâneas como encontrando-se em risco de não conseguirem alcançar um bom estado químico de águas subterrâneas. A determinação dos limiares deve basear-se entre outros na extensão da interacção entre as águas subterrâneas e os ecossistemas aquáticos associados e os ecossistemas terrestres dependentes. A presente Directiva 2006/118/CE foi transposta para a lei nacional através do Decreto-Lei 208/2008.

Outro instrumento legal é o Decreto-Lei 382/99 que estabelece critérios para a delimitação de perímetros de protecção de captações de abastecimento público que extraem um mínimo de 100 m³/dia ou que abasteçam aglomerados populacionais de mais de 500 habitantes.

O conceito de Zona Vulnerável com vista a proteger as águas contra a poluição difusa causada por nitratos de origem agrícola, foi definido na Directiva 91/676/CEE, publicada no Jornal Oficial das Comunidades de 31 de Dezembro de 1997, a qual foi transposta para a origem jurídica interna pelo Decreto-lei 235/97 de 3 de Setembro.

Os objectivos deste diploma são: *a redução da poluição das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola, bem como impedir a propagação desta poluição* (art.º 2). Entende-se aqui zonas vulneráveis como *aquelas áreas que drenam para as águas poluídas e as águas susceptíveis de serem poluídas* (art.º 4).

Os critérios de identificação das águas subterrâneas poluídas por nitratos são os referidos no anexo I desse diploma: *Águas subterrâneas que contenham ou apresentem risco de conter uma concentração de nitratos superior a 50 mg/l.*

De acordo com este instrumento legal foram designadas em Portugal continental até agora 8 Zonas Vulneráveis (ZV): ZV1-Esposende e Vila de Conde, ZV2-Aveiro, ZV3-Faro, ZV4-Mira, ZV5-Tejo, ZV6-Beja, ZV7-Elvas-Vila Boim, ZV8-Luz-Tavira (Figura 7).

Para cada uma delas, foram definidos planos de intervenção com vista a eliminar ou minimizar tanto quanto possível os riscos da poluição difusa de origem agrícola que se baseiam na aplicação de um Código de Boas Práticas Agrícolas (MADRP, 1997). Nele se estabelecem:

orientações e directrizes de carácter geral, na tomada de medidas que visem racionalizar a prática das fertilizações e de todo um conjunto de operações e de técnicas culturais que directa ou indirectamente interferem na dinâmica do azoto nos ecossistemas agrários, por forma a minimizar as suas perdas sob a forma de nitratos e, assim, proteger as águas superficiais e subterrâneas desta forma de poluição.

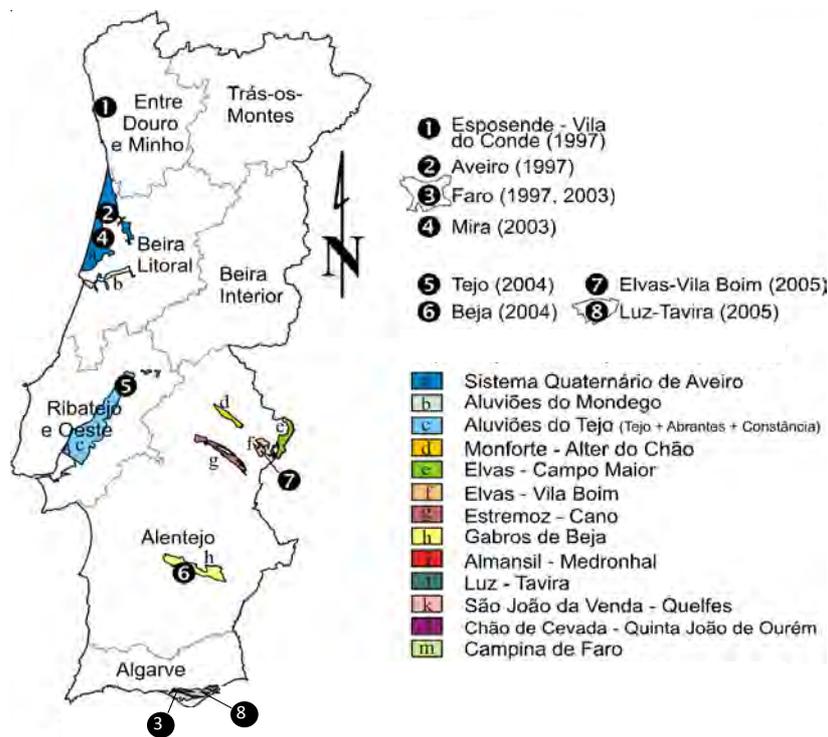


Figura 7 - Localização das 8 zonas vulneráveis aos nitratos de origem agrícola, com indicação dos anos em que elas foram oficialmente designadas e dos sistemas aquíferos que foram alvo de estudos prévios de avaliação de vulnerabilidade.

No capítulo dedicado à Gestão da Rega e Prevenção da Poluição das Águas Superficiais e Subterrâneas causadas por Nitratos preconiza-se um conjunto de medidas e acções das quais se salienta pelo seu impacto nos recursos hídricos subterrâneos as seguintes:

- 1) proporcionar condições favoráveis para uma eficiente absorção dos nitratos pelo raizame das culturas;
- 2) aplicar o volume de água adequado (dotação de rega);
- 3) fazer a aplicação da água de rega de maneira tanto quanto possível uniforme no terreno, evitando zonas com excesso de água;
- 4) fazer as regas antes que as plantas comecem a sofrer de carência hídrica;
- 5) aplicar as quantidades de azoto de acordo com a produção esperada;
- 6) promover ou estimular a expansão em profundidade do raizame das culturas;
- 7) adoptar o método e processo de rega mais apropriados.

5. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas são uma componente fundamental do ciclo hidrológico. É necessário compreender o seu funcionamento nomeadamente os mecanismos de interacção hidrológica e biológica com as águas superficiais.

Apesar do poder filtrante e autodepurador dos solos e das camadas superficiais, as águas subterrâneas são ameaçadas por diversas fontes de poluição, levando à degradação da sua qualidade, com eventuais reflexos na saúde dos ecossistemas que delas dependem. Em Portugal as principais ameaças são as actividades agrícolas e agro-pecuárias intensivas, as explorações mineiras abandonadas, a intrusão salina em sistemas costeiros e estuarinos resultante da sobre-exploração dos aquíferos. O papel que a água subterrânea desempenha em Portugal nos vários sectores socioeconómicos é muito relevante, especialmente no sector agrícola.

As águas subterrâneas são um recurso natural valioso, como tal deve ser protegido. A Directiva 2006/118/CE, de aplicação obrigatória em Portugal, estabelece medidas específicas para controlar a sua poluição, impedindo a sua deterioração.

São de incentivar políticas que visem assegurar a gestão integrada das origens de água superficiais e subterrâneas, promovendo a complementaridade hidrológica entre aqueles recursos, articulando com os instrumentos de ordenamento do território e do domínio hídrico.

Referências Bibliográficas

- INAG (1997). *Definição, caracterização e cartografia dos sistemas aquíferos de Portugal continental*, Instituto da Água, Relatório Final, 236 pp.
- INAG (2001). *Plano nacional da água – introdução, caracterização e diagnóstico da situação actual dos recursos hídricos*. Instituto da Água, Vol.1 E2.
- MADRP (1997). *Código de boas práticas agrícolas para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola*, Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, Lisboa.
- Paralta, E., M. Oliveira, S. Batista, A. Francés, L. Ribeiro e M. J. Cerejeira (2001). *Aplicação de SIG na Avaliação da Vulnerabilidade Aquífera e Cartografia da Contaminação Agrícola por Pesticidas e Nitratos na Região do Ribatejo*, in, *Actas do Seminário A Hidroinformática Em Portugal*, CDROM, LNEC (eds.), Lisboa, 16pp.
- Ribeiro L. (2002). *Recursos Hídricos Subterrâneos de Portugal Continental*, INAG (eds.), Lisboa, 94pp, ISBN 972-9412-69-3.
- Ribeiro L. (2005). *Desenvolvimento e Aplicação de um Novo Índice de Susceptibilidade dos Aquíferos à Contaminação de Origem Agrícola*, in, *Actas Do 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*, CDROM, APRH (eds.), Évora.
- Stigter, T., P. Almeida, A. C. Dill e L. Ribeiro (2005). *Influence of Irrigation on Groundwater Nitrate Concentrations in Areas considered to Have Low Vulnerability to Contamination*, in, E. M. Bocanegra, M. A. Hernández, E. Usunoff (eds.), *Groundwater and Human Development*, Selected Papers on Hydrogeology 6, Leiden, Holanda, Chapter 7, pp. 69-85.
- Stigter T. (2005). *Integrated Analysis of Hydrogeochemistry and Risk Assessment off Groundwater Contamination Induced by Agricultural Practices; Two Case Studies: Campina de Faro and Campina da Luz, Algarve, Portugal*, Tese de Doutoramento em Ciências de Engenharia, IST, Lisboa.
- Stigter T., Ribeiro L., Carvalho Dill A.M.M. (2006). *Evaluation of an intrinsic and a specific vulnerability assessment method in comparison with groundwater salinisation and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the south of Portugal*. *HydrogeologyJournal*, Volume 14, Numbers 1-2, pp.79-99



**USO EFICIENTE DA
ÁGUA NA
AGRICULTURA**

**EFFICIENT WATER
USE IN
AGRICULTURE**

Autores:

Sofia Batista

Técnica Superior do Instituto da Água, I.P. (INAG, I.P.), Departamento de Planeamento e Gestão do Domínio Hídrico, Divisão de Planeamento e Divisão de Economia da Água.

Maria da Conceição Santos

Técnica Superior do Instituto da Água, I.P. (INAG, I.P.), Departamento de Planeamento e Gestão do Domínio Hídrico, Divisão de Planeamento e Divisão de Economia da Água.

Resumo

O diagnóstico realizado no Plano Nacional da Água (PNA) de 2002 evidenciou que a procura de água era dominada pelo sector agrícola, que representava 86% da procura, sendo a percentagem relativa aos sectores urbano e industrial, respectivamente, de 9% e 5%. Relativamente aos custos de produção a repartição era de 46% para o sector urbano, 26% para o sector industrial e 28% para o sector agrícola. O desperdício de água estimado era de 40% no sector agrícola e urbano e 30% no industrial.

Realça-se, também, o facto da incorrecta gestão da água ser um problema com relevância acrescida nas situações de escassez de água e de seca.

Neste contexto, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) assume elevada importância na promoção do uso eficiente da água, contribuindo para minimizar os riscos de escassez de água, para reduzir os impactos em situações de seca e, também, para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos. Foram identificadas 87 medidas neste âmbito, sendo 22 aplicáveis ao sector agrícola, das quais 13 foram consideradas prioritárias.

Em Agosto de 2008, o INAG, I.P. submeteu ao Programa Valorização Operacional do Território 2007-2013 (POVT) do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) uma candidatura para a execução de algumas medidas da sua responsabilidade, a qual foi aprovada.

Esta candidatura engloba quatro operações: Sistema de Previsão e Gestão de Secas, Habilitação em Boas Práticas de Rega em Espaços Verdes, Escola Eficiente e Divulgação e Sensibilização.

Neste trabalho apresenta-se uma caracterização resumida das situações de escassez de água e de seca em Portugal Continental e procede-se ao enquadramento do PNUEA e à exposição das referidas operações da candidatura ao QREN/POVT.

Palavras-chave: Escassez de Água; Seca; Uso Eficiente da Água; Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água; Agricultura.

Abstract

The diagnosis performed at the National Water Plan of 2002 showed that water demand was mainly related to agriculture, which accounted for 86% of demand, being the percentage associated to urban and industrial sectors, respectively, 9% and 5%. Concerning production cost breakdown, the distribution was 46% for urban sector, 26% for industry and 28% for the agricultural sector. The estimated loss of water was 40% for agriculture and 30% for urban and industrial sectors.

It should be noted that the mismanagement of water is a problem even more relevant in water scarcity and drought situations.

In this context, the National Programme for the Efficient Use of Water (PNUEA) has a great importance in promoting efficient water use, contributing to minimize the water scarcity risk, to reduce the drought impacts and also to improve water environmental conditions.

In this scope, 87 measures were identified, being 22 applicable to the agricultural sector, 13 of which were considered priorities.

In August 2008, the Water Institute, I.P. submitted to the *Programa Valorização Operacional do Território 2007-2013* (POVT) of the *Quadro de Referência Estratégico Nacional* (QREN) an application for the implementation of some measures of its responsibility, which was adopted.

This application includes four operations related to the development of a Drought Early Warning System, Qualification in Good Irrigation Practices in Green Spaces, Efficient School and Promotion and Awareness raising.

This paper presents a brief characterization of water scarcity and drought situations in Portugal Mainland and proceeds to the description of the PNUEA scope and to the explanation of the referred operations of the application to the QREN/POVT.

Key words: Water scarcity; Drought; Efficient Water Use; National Programme for the Efficient Water Use.

1. INTRODUÇÃO

No contexto da política europeia da água, o uso eficiente da água assume uma elevada importância, sendo de realçar que um dos objectivos da Directiva 2000/60/CE (Directiva Quadro da Água – DQA) consiste em promover um consumo de água sustentável, baseado numa protecção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis.

A nível nacional, a Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (Lei da Água) estabelece que compete, nomeadamente, à Autoridade Nacional da Água (ou seja, ao INAG, I.P.) promover o uso eficiente da água através da implementação de um programa de medidas preventivas aplicáveis em situação normal e medidas imperativas aplicáveis em situação de seca.

As conclusões do Relatório da Comissão da Seca 2005 evidenciam diversas medidas a tomar para que na próxima seca os efeitos mitigáveis e vividos nessa seca não voltem a ocorrer, incluindo o desenvolvimento de um sistema de previsão e gestão de secas.

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 (PEAASAR II), no âmbito da vertente 7 – Protecção de Valores Ambientais, contempla o uso eficiente da água, definindo linhas estratégicas a seguir neste domínio (MAOTDR, 2007a).

Importa, também, ter presente que os Planos de Gestão de Região Hidrográfica contemplam Programas de Medidas, os quais deverão incluir, em conformidade com o estipulado na DQA, medidas destinadas a promover uma utilização eficaz e sustentável da água, com a finalidade de evitar comprometer a realização dos objectivos ambientais.

O uso eficiente da água é relevante, nomeadamente para prevenir a escassez de água e para atenuar os impactos em situações de seca, para reduzir as pressões qualitativas sobre as massas de água e também devido a questões energéticas e económicas associadas.

Importa ainda referir que as temáticas da escassez de água e da seca têm vindo a assumir uma elevada relevância a nível da UE.

Do Conselho do Ambiente de Junho 2006 resultou um pedido de acção sobre a escassez de água e secas, tendo, em 18 de Julho de 2007 (já durante a Presidência Portuguesa da UE), sido publicada a “Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho Enfrentar o desafio da escassez de água e das secas na União Europeia”.

A Comunicação da Comissão propõe um primeiro conjunto importante de medidas e opções políticas, baseado designadamente no trabalho técnico realizado no âmbito da estratégia comum de implementação da Directiva Quadro da Água (DQA) e, também, na contribuição dos Estados-Membros, nos resultados das actividades de investigação desenvolvidas a nível da UE e nas reuniões do *Stakeholder Forum*.

A Comunicação estabelece orientações políticas para as futuras acções no quadro da gestão da água na UE. As principais orientações adoptadas pela Comissão centram-se na necessidade da plena implementação da DQA e de se promover o uso eficiente da água. Sob estas orientações gerais, as principais acções propostas encontram-se estruturadas nos seguintes tópicos:

- Política de preços e medição da água;
- Afectação mais eficiente da água e dos financiamentos relacionados com a água;
- Melhoria da gestão dos riscos de secas (em particular através do desenvolvimento de planos de gestão dos riscos de secas, do Observatório Europeu da Seca, de sistemas de alerta precoce sobre secas, bem como da optimização da utilização do Fundo de Solidariedade da UE e do Mecanismo Comunitário de Protecção Civil);
- Infra-estruturas adicionais de abastecimento de água;
- Tecnologias e práticas para uso eficiente da água;
- Cultura de poupança da água na Europa;
- Aprofundar os conhecimentos (I&D) e melhorar a recolha de dados.

A escassez de água e a seca foram consideradas uma prioridade da Presidência Portuguesa da UE, durante o segundo semestre de 2007 (MAOTDR, 2007b), tendo as Conclusões do Conselho do Ambiente de 30 de Outubro de 2007 realçado a importância destas temáticas e da necessidade de adopção de medidas de mitigação. Foi, também, indicado o ano de 2012 para a revisão da estratégia da UE sobre escassez de água & secas, expressa em particular na Comunicação da Comissão.

Em Outubro de 2008, o Parlamento Europeu aprovou uma Resolução sobre como enfrentar o desafio da escassez de água e das secas na União Europeia, tendo como base o Relatório Seeber (Seeber, 2008).

No âmbito da estratégia comum de implementação da Directiva Quadro da Água (DQA), foi constituído um Grupo de Peritos em Escassez de Água & Secas, que tem vindo a desenvolver diversas actividades, nomeadamente a elaboração da publicação "*Drought Management Plan Report. Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects*" (WS&D EN, 2007) e o estudo de indicadores sobre secas.

A Comissão elaborou dois relatórios de acompanhamento da Comunicação sobre escassez de água e secas, o primeiro em Dezembro de 2008 (CE, 2008) e o segundo, recentemente, em Maio de 2010.

Durante o ano de 2010 estas temáticas têm merecido elevado destaque, tanto a nível da Presidência Espanhola da UE, como da Comissão que iniciou o processo de revisão da estratégia sobre escassez de água e seca na UE.

Neste trabalho apresenta-se, primeiramente, uma breve caracterização das situações de escassez de água e de seca em Portugal Continental. Procede-se, de seguida, ao enquadramento do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), indicando-se os seus objectivos, estrutura e medidas propostas, realçando-se as destinadas ao sector agrícola. Apresenta-se, igualmente, uma descrição resumida das operações que integram a candidatura do INAG, I.P. aprovada pelo QREN/POVT.

2. SECA E ESCASSEZ DE ÁGUA EM PORTUGAL – BREVE CARACTERIZAÇÃO

Importa realçar, primeiramente, que a escassez de água e a seca são problemáticas distintas. Enquanto que a escassez de água se refere a um desequilíbrio entre a procura de água e a oferta em condições sustentáveis (análise de longo prazo), a seca refere-se a uma redução temporária da disponibilidade de água devida a condições naturais.

Tendo por base os efeitos resultantes das secas, estas podem ser classificadas em secas meteorológicas, agrícolas, hidrológicas e socioeconómicas.

No que respeita à disponibilidade de água em Portugal Continental, há que ter em consideração a variabilidade existente, tanto a nível espacial, como temporal.

Far-se-á, de seguida, uma breve caracterização no que respeita à disponibilidade de água com base no PNA 2002 (INAG, 2002).

A precipitação anual média no Continente é de 960 mm. Contudo, verifica-se que cerca de 25% dos anos apresentam precipitação abaixo dos 800 mm ou acima dos 1100 mm. Observa-se, também, que cerca de 75% da precipitação se concentra durante o semestre húmido (Outubro a Março), sendo que a sazonalidade tende a ser mais acentuada a sul da bacia do rio Tejo onde cerca de 80% da precipitação se concentra neste período de tempo. A evapotranspiração potencial e real apresentam, também, uma variabilidade espacial e temporal.

Nas Figuras 1 e 2 apresenta-se a distribuição espacial do escoamento e das disponibilidades hídricas subterrâneas (DHS). No que respeita às águas subterrâneas, entende-se por DHS o volume de água subterrânea que o aquífero ou formação hidrogeológica pode fornecer em condições naturais, estando esta parcela associada à recarga por infiltração da chuva.

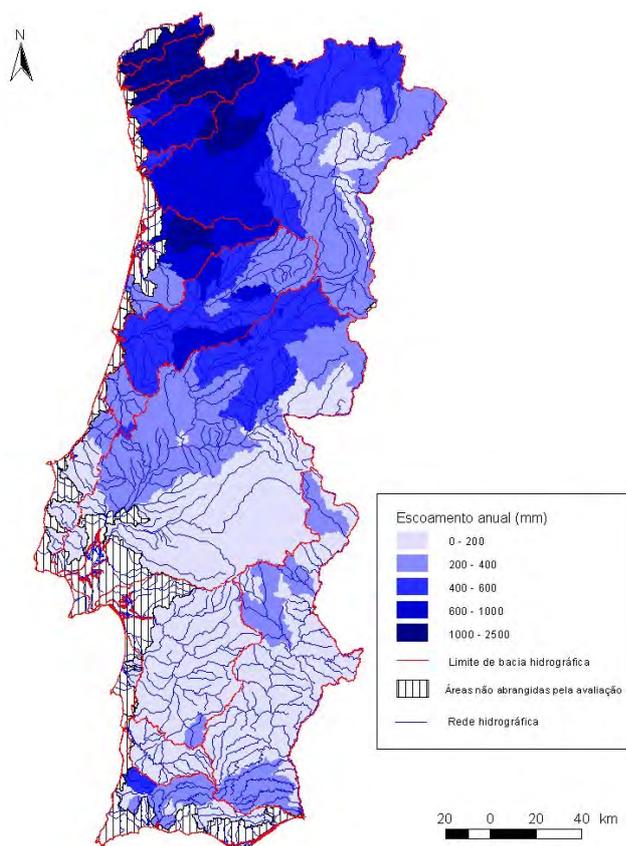


Figura 1 - Distribuição Espacial do Escoamento Anual Médio em Portugal Continental (INAG, 2002)

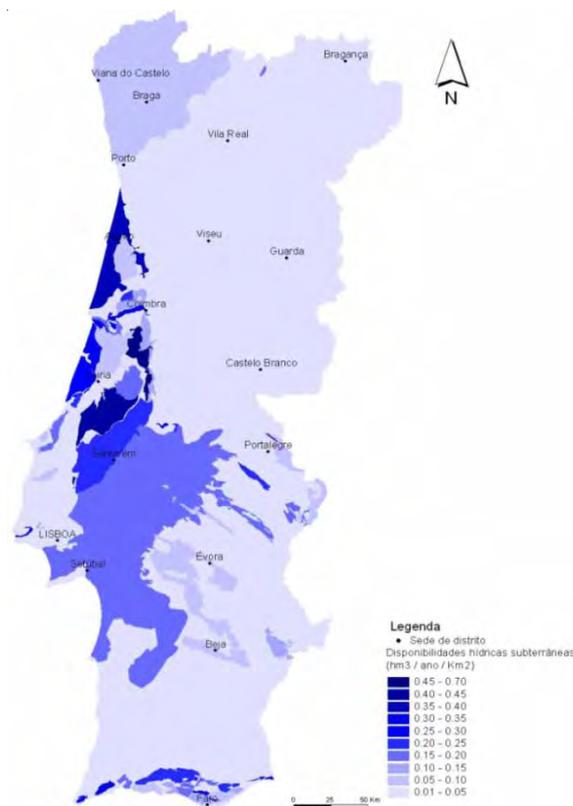


Figura 2 - Disponibilidades hídricas subterrâneas estimadas para Portugal Continental (INAG, 2002)

Verifica-se que a variabilidade temporal do escoamento é claramente influenciada pela irregularidade da precipitação.

O escoamento em Portugal Continental é caracterizado por uma acentuada sazonalidade, com cerca de 60% do escoamento anual médio a concentrar-se no semestre húmido.

O escoamento anual médio em Portugal Continental é de 385 mm, registando-se, porém, em cerca de 25% dos anos um escoamento superior a 550 mm ou inferior a 250 mm.

Com o objectivo de identificar e caracterizar as situações de escassez de água, em que as disponibilidades de água não são suficientes para suprir as necessidades, foram realizados, no PNA 2002, balanços hídricos à escala anual, tendo-se procedido à comparação dos valores associados a vários percentis de disponibilidades hídricas com os valores de necessidades de água.

Apesar de não contemplar a variação sazonal das disponibilidades nem a capacidade de regularização interanual proporcionada por algumas albufeiras, a Figura 3 é útil na análise da distribuição espacial das situações de escassez de água, evidenciando os resultados obtidos em termos de percentil abaixo do qual o *ratio* disponibilidade *versus* necessidades é inferior a 1.

Conclui-se que na maior parte da área de Portugal Continental, particularmente a norte do rio Tejo, se obtiveram resultados inferiores a 5%, indicando que apenas em anos extremamente secos (com períodos de retorno superiores a 20 anos) ocorrerão situações de escassez de água. Exceptua-se a zona a cabeceira da bacia do Mondego, que reflecte o efeito do abastecimento a partir da albufeira da Aguieira. Contudo, parece subsistirem algumas dúvidas, que não é possível ainda esclarecer sobre o resultado a que se chegou nesta zona.

Contudo, observam-se várias áreas, principalmente a sul do Tejo, evidenciando situações de escassez de água para percentis entre os 10 e os 20%, o que corresponde a períodos retorno da ordem dos 5 a 10 anos. Algumas áreas das cabeceiras do Sado, Mira, Caia e ribeiras do Algarve apresentam valores que sugerem situações de escassez de água com períodos de retorno da ordem dos 2 a 5 anos.

Conforme expresso no PNA 2002, para uma melhor caracterização das situações de escassez de água, é necessário aprofundar os estudos já desenvolvidos com a realização de balanços à escala mensal e à escala de cada bacia, que considerem os principais cursos de água de cada bacia e as suas principais infra-estruturas.

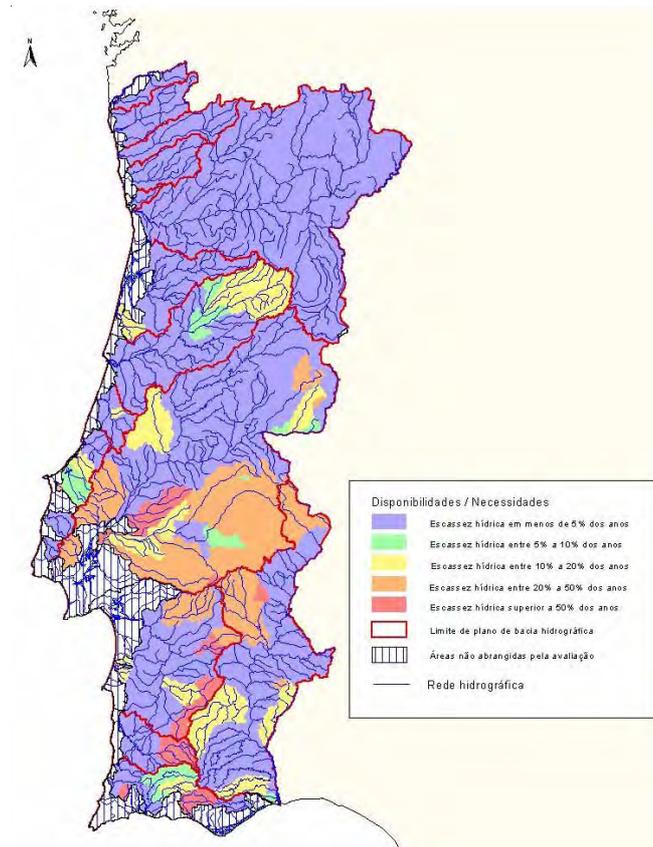


Figura 3 - Situações de Escassez Hídrica - Águas de Superfície (INAG, 2002).

Com base na análise das tendências de evolução de séries piezométricas, foram identificadas, no PNA 2002, situações de sobre-exploração nos seguintes sistemas aquíferos:

- Almádena – Odeáxere, Mexilhoeira Grande – Portimão, Ferragudo-Albufeira, Albufeira-Ribeira da Quarteira, Quarteira, Campina de Faro, São Bartolomeu e Monte Gordo, localizados na Orla Meridional (Figura 4);
- Cretácico de Aveiro e Liásico a Norte do Mondego, localizados na Orla Ocidental (Figura 5).

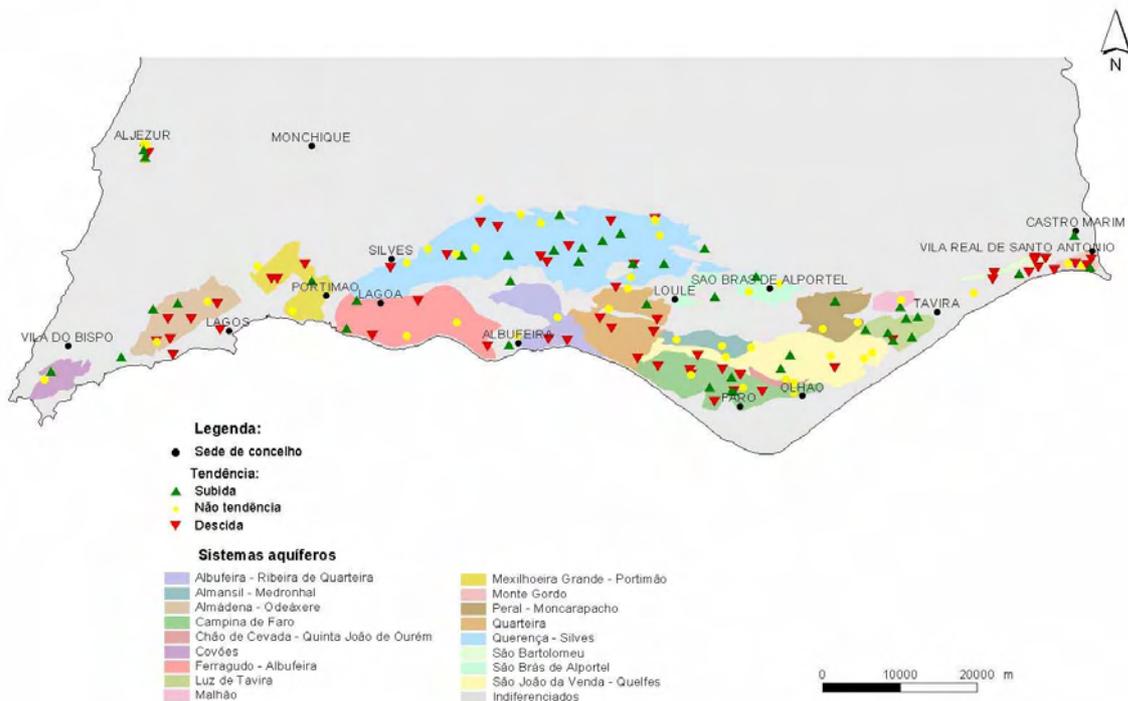


Figura 4 - Tendências dos Níveis Piezométricos nos Sistemas Aquíferos da Orla Meridional (INAG, 2002).

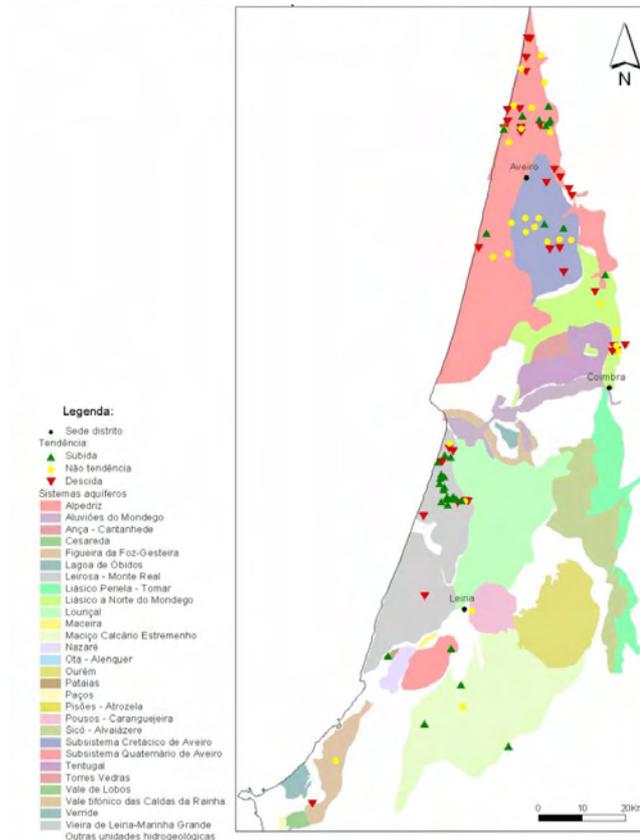


Figura 5 - Tendências dos Níveis Piezométricos nos Sistemas Aquíferos da Orla Ocidental (INAG, 2002).

Interessa, também, analisar as situações de seca. Este é um fenómeno frequente em Portugal Continental apresentando uma incidência geralmente mais significativa no Sul do País, bem como nas regiões do Interior Norte e Centro.

As principais secas verificadas nos últimos 70 anos foram as seguintes (Afonso, 2007):

- 1944-1945: dois anos de duração, afectando todo o país;
- 1953-1954: dois anos de duração, afectando cerca de 50% da área do país;
- 1975-1976: um ano e meio de duração, afectando cerca de 40% da área do país;
- 1981-1983: dois anos e meio de duração, afectando cerca de 90% da área do país;
- 1992-1993: dois anos de duração, afectando todo o país;
- 2004-2005: um ano e meio de duração, afectando todo o país.

Assim, é possível referir que, em Portugal Continental, as secas severas e extremas apresentam um período de retorno de 10-15 anos, têm uma duração de 1 a 3 anos e afectam uma área importante do país (Figura 6).

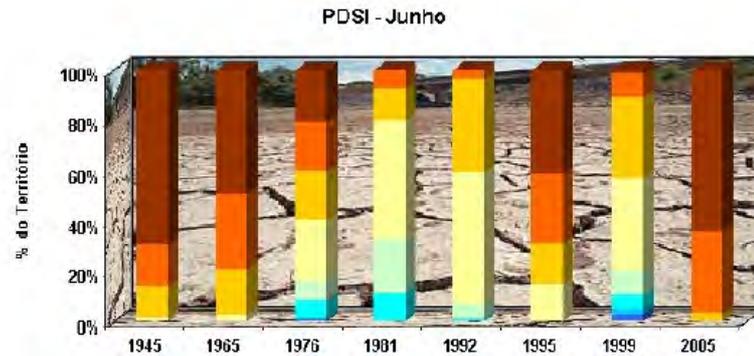


Figura 6 - Percentagem de território (área) nas diferentes classes de seca meteorológica em 30 de Setembro (Comissão para a seca 2005, 2005).

Tanto o INAG, I.P. como o Instituto de Meteorologia, I.P. (IM, I.P.) monitorizam as situações de seca. No período de Janeiro a Março de cada ano é efectuada uma análise da precipitação e de dados hidrológicos, designadamente de caudais, nível de armazenamento de albufeiras, níveis piezométricos e qualidade da água. Na sequência da análise da Comissão de Gestão de Albufeiras, baseada essencialmente no nível de armazenamento de várias albufeiras, particularmente de fins-múltiplos e no caso de se perspectivarem impactos económicos e sociais devidos a insuficientes disponibilidades de água, é proposto ao Governo que seja declarado o estado de seca. Nessa circunstância, é necessário o funcionamento de uma estrutura de coordenação para a gestão da seca e o desenvolvimento de um Programa de Monitorização da Seca e de Mitigação dos Impactos.

Na Figura 7 apresenta-se, de forma esquemática, o programa de alerta de situações de seca do INAG, I.P..

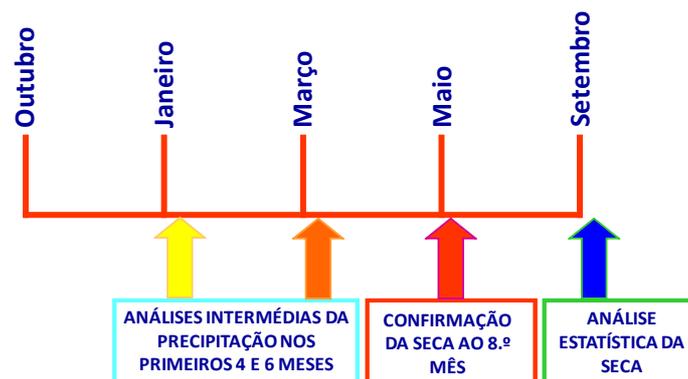


Figura 7 - Programa de alerta de situações de seca do INAG, I.P. (Afonso, 2007).

No que respeita à seca de 2004/2005, a mais grave do ponto de vista meteorológico dos últimos 65 anos, há que referir a constituição da Comissão para a Seca 2005 (através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005, de 31 de Março), com a finalidade de acompanhar de forma permanente a situação de seca e de preparar e propor medidas de emergência a adoptar, e composta por representantes de diversas entidades¹.

Para além da constituição da Comissão para a Seca 2005 (a nível político), foi também criado um Secretariado Técnico com o objectivo de prestar apoio à referida Comissão, competindo-lhe, nomeadamente, assegurar a produção de um relatório quinzenal de evolução da situação da seca.

Na gestão da seca de 2004/2005 foram utilizados diversos indicadores, designadamente os seguintes: o *Standardized Precipitation Index* (SPI), o *Palmer Severity Drought Index* (PSDI), o nível de armazenamento nas albufeiras, os níveis piezométricos, a qualidade da água e a produção hidroeléctrica.

¹ Instituto da Água (INAG); Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil (SNBPC); Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR); Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, Alentejo e Algarve (CCDR); Direcção-Geral de Geologia e Energia (DGGE); Direcção-Geral da Empresa (DGE); Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica (IDRHa); Direcção-Geral dos Recursos Florestais (DGRF); Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar (GPPAA); Direcção-Geral da Saúde (DGS); Direcção Geral do Turismo (DGT); Instituto de Meteorologia (IM); Águas de Portugal, SGPS, S.A. (AdP); Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas de Alqueva, S.A. (EDIA); Associação Nacional dos Municípios Portugueses (ANMP); Estruturas associativas dos sectores da agricultura, da indústria, do turismo e do abastecimento público de água com representatividade nacional; Estruturas associativas de defesa do ambiente.

A nível das medidas preconizadas, o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da Seca 2005, contemplava medidas estruturais de mitigação dos efeitos da seca e medidas conjunturais de acompanhamento e mitigação dos efeitos da seca.

Na gestão da seca de 2004/2005 foi realizada uma permanente informação e comunicação com os principais utilizadores da água, decisores e público em geral, nomeadamente através da internet

(<http://www.inag.pt/inag2004/port/divulga/actualidades/seca/seca.html>).

Neste contexto, foi possível o envolvimento dos principais intervenientes e interessados (*stakeholders*), a adopção de medidas de emergência e a mitigação dos principais impactos, com uma gestão adequada das reservas subterrâneas e superficiais e antecipação dos problemas.

Não obstante, no relatório de balanço da seca de 2005, foram identificadas algumas medidas a equacionar para minimizar futuramente os efeitos de uma seca, incluindo, em particular, a criação de um sistema de previsão e gestão de situações de secas.

3.O PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA

Enquadrado pelas directrizes do Plano Nacional da Água (DL nº 112/2002, de 17 de Abril) e da Directiva Quadro da Água, e sustentado pelos resultados dos estudos que vinham a ser desenvolvidos para o Instituto da Água, I.P., no âmbito da temática do uso eficiente da água, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) – Bases e Linhas Orientadoras foi aprovado em Junho de 2005 (RCM nº 113/2005), em pleno cenário da seca de 2005.

O PNUEA tem como principal finalidade a promoção do uso eficiente da água em Portugal, contribuindo desta forma para minimizar os riscos de escassez e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos. Os destinatários são os usos consumptivos, especialmente os sectores urbano, agrícola e industrial.

A procura de água em Portugal foi estimada, no âmbito dos trabalhos do Plano Nacional da Água 2002, em cerca de 7500 milhões de metros cúbicos/ano, a que corresponde um custo global de produção para a sociedade estimado em 1880 milhões de euros/ano. Contudo, a procura de água e os custos de produção não se encontravam igualmente repartidos pelos principais usos consumptivos o que aponta claramente para a necessidade de uma estratégia de actuação, tendo em vista a eficiência a ser alcançada no uso da água. Este aspecto é reforçado pelas estimativas de eficiência de utilização da água calculadas para cada sector e pelos ganhos de eficiência passíveis de serem alcançados num curto, médio prazo.

À data do PNA as estimativas efectuadas apontavam para uma procura de água que se repartia em 9% urbano, 5% indústria e 86% agrícola, e para custos de produção cuja repartição era de 46% no sector urbano, 26% no sector industrial e 28% no sector agrícola. O desperdício de água estimado era de 40% no sector urbano, 30% no industrial e 40% no agrícola.

Assim, o PNUEA definiu metas de eficiência de utilização da água, a alcançar num prazo de 10 anos, de 80% no sector urbano, de 65% no sector agrícola e de 85% no sector industrial, através da aplicação de um conjunto de medidas cuja prioridade de aplicação é a seguinte:

- Prioridade de aplicação elevada (nível 1) – aplicável às medidas que conduzam a poupanças muito significativas, que sejam fáceis de implementar, que tenham uma relação custo benefício razoável ou em que a perspectiva de generalização seja elevada;
- Prioridade de aplicação média (nível 2) - aplicável às medidas que conduzam a poupanças significativas, com implementação exequível, com uma relação custo benefício razoável ou em que a perspectiva de generalização seja média ou elevada;
- Prioridade de aplicação baixa (nível 3) - aplicável às medidas que conduzam a poupanças baixas, de difícil implementação, com uma relação custo benefício discutível ou com baixa perspectiva de generalização.

Este Programa encontra-se estruturado em quatro áreas programáticas:

- AP1 - Medição e reconversão de equipamentos de utilização;
- AP2 - Sensibilização, informação e educação;
- AP3 - Regulamentação e normalização;
- AP4 - Formação e apoio técnico

Cumprindo o estabelecido na RCM que procedeu à aprovação do PNUEA - Bases e Linhas Orientadoras, foi criado o Grupo Interministerial, coordenado pelo INAG, I.P., que teve como missão produzir dois relatórios, tendo em vista a implementação do Programa, e dos quais constam, nomeadamente:

- As linhas de orientação estratégica e os objectivos estratégicos;
- As medidas prioritárias a adoptar em cada sector abrangido pelo PNUEA;
- O programa de execução material e financeiro;
- O sistema organizacional de gestão do PNUEA;
- As fontes de financiamento;
- O sistema de avaliação do PNUEA.

Estes relatórios foram atempadamente colocados à aprovação superior, tendo sido produzido Despacho Ministerial em Março de 2009. Entretanto, em Agosto de 2008, foi apresentada pelo INAG, I.P., ao QREN/POVT, uma candidatura para a execução de algumas medidas da sua responsabilidade, a qual mereceu aprovação do QREN em Outubro de 2009.

Tal como referenciado nestes Relatórios, os objectivos gerais do PNUEA são os seguintes:

- Redução das pressões quantitativas e qualitativas sobre as massas de água;
- Obtenção de ganhos económicos e ambientais para o país;
- Prestigiar as entidades gestoras dos sistemas e das autoridades da água.

Em termos de linhas de orientação estratégicas, aplicáveis a todos os usos da água abrangidos pelo Programa, o Grupo definiu as seguintes:

- Incorporação de uma nova atitude na gestão e na prática do uso da água, resultante de sensibilização, informação e formação;
- Aquisição de um conhecimento da situação real através da incorporação de processos de medição de maneira a cobrir todo o ciclo do uso da água;
- Recuperação de perdas e desperdícios para suprimir novas procuras de água (concorrente viável, financeira e tecnicamente, da instalação de novas captações).

Os objectivos estratégicos definidos como sendo comuns a todos os usos da água abrangidos são os seguintes:

- OE1 - Criar uma atitude duradoura na população infantil e juvenil;
- OE2 - Criar uma consciência Nacional da importância do uso eficiente da água;
- OE3 - Habilitar e capacitar os agentes responsáveis pela concepção e gestão de sistemas de abastecimento e equipamentos;
- OE4 - Reduzir a níveis aceitáveis as perdas de água nos sistemas, com prioridade para os que são potencialmente mais significativos;
- OE5 - Promover, pelos mais directamente interessados, as iniciativas concretas com base em parcerias;
- OE6 - Garantir a avaliação periódica e sistemática das acções que permitem conhecer a evolução do processo.

No que se refere ao sector agrícola o Grupo Interministerial elegeu os seguintes objectivos estratégicos:

- Redução das perdas de água nos sistemas de rega;
- Aproximação das tarifas ao custo real da água, com ênfase nos volumes utilizados.

Os objectivos específicos que foram estabelecidos para o sector agrícola são os seguintes:

- Aumento da eficiência global dos sistemas de rega através de:
 - Melhoria da qualidade dos projectos;
 - Redução das perdas de água no armazenamento, transporte e distribuição (reabilitação de barragens, impermeabilização de canais, construção de reservatórios de compensação em pontos estratégicos e final dos canais, automatização das estruturas de regulação, etc.);
 - Redução das perdas de aplicação de água no solo (introdução de sistemas de aviso e agro meteorológicos, reconversão de métodos de rega, com automatização e adequação de procedimentos na rega por gravidade, aspersão e localizada, etc.);
 - Adopção de métodos volumétricos na tarificação da água.

Nos documentos preliminares à realização e publicação do PNUEA foram identificadas 87 medidas no conjunto dos três sectores abrangidos, das quais 22 medidas são aplicáveis ao sector agrícola. Contudo, o Grupo Interministerial estabeleceu as seguintes medidas prioritárias para este sector:

- Medida 52 - Reversão dos métodos de rega
- Medida 53 - Adequação dos volumes de água de rega às necessidades hídricas das culturas - sistema de aviso de rega
- Medida 54 - Adequação dos volumes de rega às necessidades hídricas das culturas – condução da rega
- Medida 55 - Utilização do sistema tarifário adequado
- Medida 59 - Minimização das perdas de água no transporte e distribuição
- Medida 60 - Adequação dos procedimentos no transporte e distribuição
- Medida 61 - Adaptação de técnicas no transporte e distribuição
- Medida 63 - Adequação do dimensionamento de sistemas de rega por gravidade
- Medida 64 - Adequação dos procedimentos na rega por gravidade
- Medida 66 - Adequação dos procedimentos na rega por aspersão controlo de escoamento superficial e erosão
- Medida 67 - Adequação dos procedimentos na rega por aspersão: rega em período nocturno
- Medida 70 - Adaptação ou substituição de equipamento de aspersão móvel
- Medida 71 - Adequação dos procedimentos de rega localizada

Assim, atendendo a que para a sua operacionalização o PNUEA necessitava da definição das opções estratégicas e dos objectivos específicos assumidos politicamente, o que veio a ocorrer em 2009, considera-se estarem finalmente reunidas condições essenciais para uma nova dinâmica do processo.

4. OPERAÇÕES DO PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA -

- CANDIDATURA DO INAG, I.P. APROVADA PELO QREN/POVT EIXO II

4.1. SPGS – SISTEMA DE PREVISÃO E GESTÃO DE SECAS

Realça-se, novamente, que no Relatório do Balanço da Seca de 2005 foi preconizada a criação de um Sistema de Previsão e Gestão de Secas (SPGS).

Relativamente aos instrumentos que têm sido utilizados, podem ser identificadas algumas limitações, que se evidenciam de seguida:

- Os indicadores utilizados não contemplam o impacto socioeconómico;
- A avaliação dos indicadores dependerá do contexto local e regional;

- A análise da seca centra-se sobre o passado, não fornecendo previsões para o futuro e, deste modo, não é possível dar a resposta que os utilizadores da água e os gestores pretendem quanto às expectativas futuras.

Neste contexto, está a ser desenvolvido pelo INAG, I.P., com a colaboração científica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e da Universidade de Évora, um SPGS com os seguintes objectivos principais:

- Avaliar a severidade da seca com base no cálculo de um índice socioeconómico composto;
- Elaborar mapas de risco, expressando a nível espacial a distribuição da severidade da seca;
- Avaliar a situação actual de forma contínua e efectuar previsões de tendências de evolução futura, a partir de cenários adequados, simulando condições hidrológicas futuras e utilizações da água;
- Identificar as principais medidas a adoptar, em fase normal, de alerta e em situação de crise, bem como as entidades responsáveis pela sua adopção;
- Facilitar e fomentar a aplicação de medidas que conduzam a uma utilização mais eficiente da água;
- Melhorar a informação e a participação do público.

Na Figura 8 apresenta-se, de forma esquemática, o SPGS em desenvolvimento.

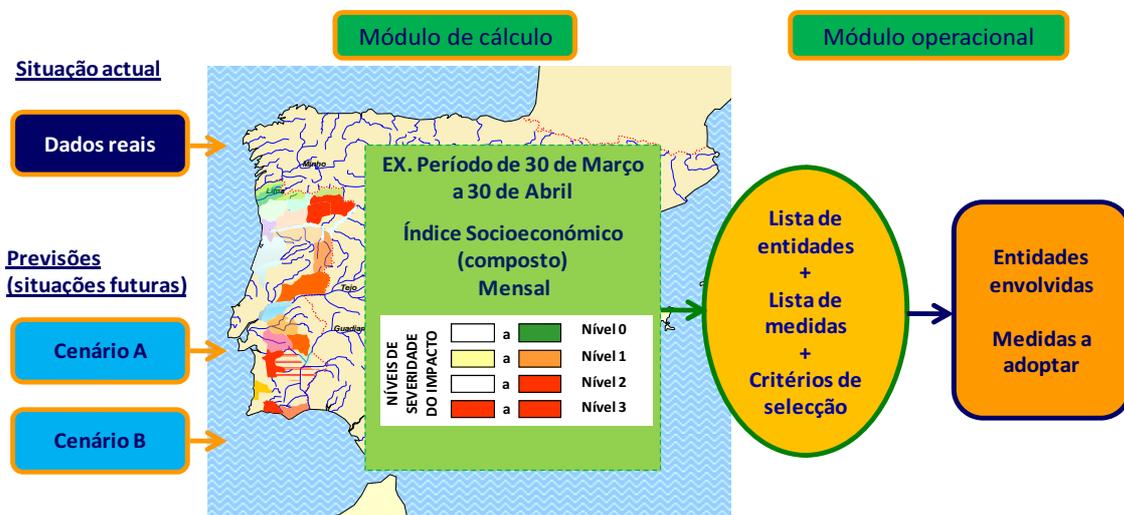


Figura 8 – Esquema geral do Sistema de previsão e Gestão de Secas em desenvolvimento.

Atendendo, ainda, ao contexto transfronteiriço de grande parte das bacias hidrográficas de Portugal Continental, estão ainda a ser tidos em consideração os trabalhos já desenvolvidos em Espanha.

Importa, também, referir que o SPGS pretende ser um sistema de alerta precoce e um sistema de apoio à decisão em situações normais, de alerta e de crise, o qual terá, necessariamente, que integrar os principais intervenientes e interessados neste âmbito.

Assim, o SPGC constitui um instrumento fundamental para que se possa avançar da actual gestão de crises para uma efectiva gestão de riscos de secas.

4.2. HABILITAÇÃO EM BOAS PRÁTICAS DE REGA EFICIENTE

Os principais objectivos desta operação da candidatura são:

- Dotar o país de espaços verdes modelo e de referência em termos de rega eficiente;
- Promover nos gestores de espaços verdes uma actuação pautada por elevados padrões de concepção, planeamento e gestão da água;
- Produzir materiais de apoio à monitorização da utilização da água.

Está previsto na candidatura envolver 60 espaços verdes de outras tantas entidades gestoras de espaços verdes.

A gestão dos espaços verdes públicos é uma das atribuições dos Municípios. Assim, para identificar as entidades gestoras dos espaços verdes a envolver, numa primeira edição, foi definida e aplicada uma metodologia que permitiu seriar todos os municípios em função da potencial prioridade de actuação ao nível da rega dos espaços verdes, a qual teve em conta os seguintes critérios:

- Magnitude do volume total de água a fornecer no Concelho, através do sistema público de abastecimento de água e percentagem de perdas potenciais no sistema;
- Potencial escassez de água resultante da concorrência entre o uso doméstico/urbano e outros usos, no caso de captações de águas de superfície e de águas subterrâneas;
- Gravidade da seca potencial, avaliada através do índice de aridez;
- Concelhos potencialmente com maior capacidade técnico-financeira para apoiar iniciativas/acções de uso eficiente da água, maior efeito de arrastamento na propagação de boas práticas, maiores áreas de espaços verdes públicos, avaliado através da identificação das capitais de distrito.

No caso das Regiões Autónomas a análise foi afectada com base nas situações mais problemáticas identificadas nos respectivos Planos Regionais da Água.

Para operacionalizar esta operação vão ser estabelecidas parcerias entre o INAG, I.P. e os Municípios seleccionados pretendendo-se que os princípios subjacentes ao uso eficiente da água nos espaços verdes sejam uma realidade assumida por estas entidades no final da parceria, quer ao nível da concepção/remodelação destes espaços, quer da exploração e manutenção da rega. Esta parceria vai assumir a forma de uma assistência técnica especializada a ser prestada pelo INAG, I.P. e envolverá as seguintes tarefas:

- Realização de sessões de enquadramento e capacitação para dois tipos de técnicos dos Municípios: 1) operadores de espaços verdes e 2) arquitectos paisagistas, ou outros técnicos superiores, com funções na área de gestão dos espaços verdes;
- Apoio técnico, aos operadores de espaços verdes e aos técnicos superiores que tenham participado nas sessões de enquadramento e habilitação, no sentido do levantamento das características e práticas de rega dos espaços verdes seleccionados, de acordo com metodologia apresentada nas sessões referidas no ponto anterior;
- Recepção, análise e tratamento dos dados recolhidos pelos técnicos dos Municípios participantes no projecto e identificação das principais situações a serem abordadas nas sessões seguintes;
- Realização de sessões práticas nos espaços verdes objecto de análise com vista à avaliação dos principais problemas detectados e das soluções passíveis de serem adoptadas;
- Apoio à elaboração, pelos técnicos dos Municípios participantes na operação, do Plano de Acção específico para a situação do Município parceiro;
- Apoio à elaboração, pelos técnicos dos Municípios participantes na operação, de uma ferramenta de informação e suporte à decisão;
- Avaliação dos resultados obtidos com a operação;
- Organização de visita final ao espaço verde do Município mais representativo do ponto de vista dos resultados da operação;
- Apresentação pública dos resultados obtidos com a operação e menção das entidades participantes.

Como pode ser constatado trata-se de uma operação predominantemente prática e de campo e desenvolvida para a realidade concreta de cada Município parceiro, o que se considera uma mais-valia na medida que potenciará o sucesso da operação e o enraizamento de novas práticas nos técnicos dos Municípios.

No sentido de concretizar o que se encontra previsto nesta operação foi firmado um contrato de prestação de serviços com o COTR- Centro Operativo e de Tecnologia do Regadio, mediante concurso público.

4.3. ESCOLA EFICIENTE

A operação Escola Eficiente, inserida no PNUEA ao nível da Área Programática de sensibilização, informação e educação, dirige-se especificamente à população escolar, desde o pré-escolar até ao ensino secundário, e visa promover hábitos e procedimentos para o uso eficiente da água não só nos estabelecimentos de ensino mas projectando-os no exterior da escola.

Esta operação reveste a forma de um concurso escolar ao nível nacional, cujo regulamento se encontra em elaboração.

4.4. DIVULGAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO

Nesta operação pretende-se realizar acções com vista à divulgação e sensibilização, do público em geral e dos agentes económicos em particular, através de workshops, conferências, ou outros eventos, e produzir material de divulgação e sensibilização em formatos diversos de forma a abranger um público diversificado.

5. CONCLUSÕES

O uso eficiente da água é um aspecto muito importante a considerar no âmbito da gestão sustentável da água, nomeadamente no que concerne ao sector agrícola, que representa o maior utilizador de água em Portugal (cerca de 86%, de acordo com o PNA 2002), apresentando contudo perdas relevantes (cerca de 40%, em conformidade com o PNA 2002).

Considerando a necessidade de prevenir as situações de escassez de água (ou de reduzir os seus efeitos) e de reduzir os impactos das situações de seca, o uso eficiente da água apresenta-se ainda com maior relevância.

No âmbito do PNUEA foram definidas várias medidas para o sector agrícola, tendo 13 delas sido consideradas prioritárias. A adopção destas medidas é, portanto, de elevada importância para que se consiga aumentar a eficiência do uso da água na agricultura e, também, a nível global.

É de realçar a relevância do desenvolvimento dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica, no âmbito da implementação da DQA, bem como do Plano Nacional da Água 2010, pelo diagnóstico que irão efectuar a nível das situações de escassez de água e de seca e pela actualização das medidas a aplicar para promover o uso eficiente da água. Estes planos merecem também destaque pela participação pública que envolverão.

Face à oportunidade oferecida pelo QREN/POVT, o INAG, I.P. submeteu uma candidatura relativa ao uso eficiente da água, no sentido de promover o aumento da eficiência do uso da água considerando diversas vertentes. Assim, foram contempladas quatro operações distintas, abrangendo diferentes contextos e destinatários. O SPGS destina-se a todos os sectores, com o objectivo da adopção de medidas em situações normais, de alerta e de crise, promovendo o uso eficiente da água e a mitigação dos impactos das secas. A operação *Habilitação em Boas Práticas de Rega em Espaços Verdes* é dirigida aos gestores destes espaços e pretende promover a criação de espaços verdes modelo e de referência em termos de rega eficiente. A operação *Escola Eficiente* é dirigida à população escolar com o objectivo de desenvolver hábitos e procedimentos para o uso eficiente da água, primeiramente nos estabelecimentos de ensino, mas como base para a adopção permanente de atitudes apropriadas noutros contextos. A operação *Divulgação e Sensibilização* destina-se a um público diversificado e tem como finalidade promover na sociedade uma postura que contribua para o uso eficiente da água.

Referências Bibliográficas

Afonso, J. Rocha (2007). *Water Scarcity and Droughts: Main issues at European level and the Portuguese Experience*. In: MAOTDR (Ed.) – *Water Scarcity and Drought – A priority of the Portuguese Presidency*. pp. 93-103.

Assembleia da República (2005). Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, que aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. DR n.º 249, Série I-A de 2005.12.29.

Comissão Europeia (2007). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho “Enfrentar o desafio da escassez de água e das secas na União Europeia”*. COM(2007) 414 final, 18.7.2007, Bruxelas.

Comissão Europeia (2008). *Relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu “Relatório de acompanhamento relativo à Comunicação sobre a escassez de água e as secas na União Europeia, COM(2007) 414 final”*. COM(2008) 875 final, 19.12.2008, Bruxelas.

Comissão Europeia (2010). *Relatório da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu “Segundo Relatório de Acompanhamento relativo à Comunicação sobre a escassez de água e as secas na União Europeia COM(2007) 414 final”*. COM(2010)228 final, 18.5.2010, Bruxelas.

Comissão para a Seca 2005 (2005). *Seca 2005. Relatório de balanço*.

INAG (2001). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água – Versão preliminar*. Estudo elaborado pelo LNEC com o apoio do ISA/UTL.

INAG (2002). *Plano Nacional da Água. Capítulo II – Caracterização e diagnóstico da situação actual dos recursos hídricos*. Aprovado pelo DL n.º 112/2002, de 17 de Abril. DR n.º 90, Série I-A de 2002.04.17.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional - MAOTDR (2007a). *PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013*.

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional - MAOTDR (2007b). *Water Scarcity and Drought – A priority of the Portuguese Presidency*. Portugal 2007.

Parlamento Europeu (2008). *Resolução do Parlamento Europeu, de 9 de Outubro de 2008, sobre como enfrentar o desafio da escassez de água e das secas na União Europeia*. P6_TA(2008)0473.

Parlamento Europeu & Conselho (2000). *Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água*. JO L 327 de 22.12.2000.

Presidência do Conselho de Ministros (2005). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 83/2005, de 31 de Março, que Aprova o Programa de Acompanhamento e Mitigação dos Efeitos da Seca 2005*. DR n.º 76, Série I-B de 2005.04.19.

Presidência do Conselho de Ministros (2005). *Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005, de 5 de Junho, que Aprova o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água – Bases e Linhas Orientadoras*. DR n.º 124, Série I-B de 2005.06.30.

Seeber, R. (2008). *Relatório, de 22 de Setembro de 2008, sobre como enfrentar o desafio da escassez de água e das secas na União Europeia*. Comissão do Ambiente, da Saúde Pública e da Segurança Alimentar. Parlamento Europeu. A6-0362/2008.

Water Scarcity and Droughts Expert Network - WS&D EN (2008). *Drought Management Plan Report. Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects*. Technical Report - 2008 – 023. European Commission.



**CUSTOS DE
DISPONIBILIZAÇÃO E
DISPOSIÇÃO A
PAGAR PELA ÁGUA
DE REGA:
METODOLOGIA DE
ANÁLISE**

**COSTS OF DELIVERY
AND WILLINGNESS
TO PAY FOR
IRRIGATION WATER:
METHODOLOGY**

Autores:

Francisco Avillez

Professor Emérito do ISA/UTL e Coordenador Científico da Agrogos¹

Francisco Gomes da Silva

Professor Auxiliar do ISA/UTL e Colaborador da Agrogos²

Resumo

Uma utilização sustentável dos recursos hídricos deverá passar pelo reconhecimento de que a água tem um valor social, um valor ambiental e um valor económico.

A valorização económica da água para rega deverá ser expressa com base no respectivo preço, o qual por sua vez, é determinado pela conjugação de três factores: o custo da água de rega (óptica da oferta), a disposição a pagar pela água de rega (óptica da procura) e as políticas públicas.

Este trabalho apresenta uma análise das principais questões metodológicas inerentes a cada factor e a forma como interferem na valorização económica da água de rega

¹ favillez@agrogos.pt

² fgsilva@isa.utl.pt

Palavras-chave: valorização económica da água, agricultura, regadio, custo da água, preço da água, oferta, procura

Abstract

Sustainable use of water resources should include the recognition that water has a social value, an environmental value and an economic value.

The economic value of irrigation water should be expressed based on its price, which in turn is determined by the interplay of three factors: the cost of irrigation water (supply side), the willingness to pay for irrigation water (demand side) and public policies.

This paper presents an analysis of the key methodological issues involved in each of the above mentioned factors and how they influence the economic value of water.

Key-words: economic value of water, agriculture, irrigation, water cost, water price, supply, demand

1. A IMPORTÂNCIA DO REGADIO PARA O FUTURO DA AGRICULTURA DAS ZONAS RURAIS

Numa época em que a fome no mundo assume uma expressão cada vez mais significativa, e enquanto a maior parte dos alimentos têm origem na produção agrícola e pecuária, a afectação de recursos à agricultura continua a estar na ordem do dia.

Efectivamente a agricultura, *sensus lato*, é hoje a maior “indústria” do mundo, empregando mais de 1 bilião de pessoas e gerando, anualmente, alimentos em valor superior a 1 trilião de dólares. Esta produção tem origem numa área que representa cerca de 50% da superfície habitável do planeta.

Em vastas regiões desta enorme superfície do globo, os níveis de produtividade actualmente alcançados pela actividade agrícola dependem, em grande medida, da disponibilidade de água para rega, uma vez que as características climáticas locais nem sempre são de molde a colmatar as suas necessidades hídricas, tanto em termos quantitativos como em termos de padrão de distribuição intra e inter-anual. Tenha-se presente que a agricultura é, hoje em dia, responsável por cerca de 69% do consumo de água doce do planeta.

Esta é a situação que se verifica para muitas das produções possíveis na generalidade das zonas rurais de Portugal. De facto, e indo ao encontro das principais limitações naturais à produção agrícola em Portugal, o próprio processo de reforma da Política Agrícola Comum (PAC) em curso, incorporando o potencial impacto das alterações climáticas, faz com que a água para rega seja um factor decisivo para a viabilidade futura:

- tanto da grande maioria dos “sistemas de agricultura de produção economicamente competitivos”³,
- como de parte muito significativa dos “sistemas de agricultura de conservação”⁴, com especial relevo para os que se baseiam na pecuária extensiva.

Esta importância do regadio, para além de poder ser avaliada em termos do aumento da expressão do potencial produtivo das actividades beneficiadas (benefício directo do regadio), pode igualmente ser avaliada em termos sociais (benefício indirecto do regadio). De facto, a agricultura de regadio assumiu no passado, e continuará a assumir no futuro, um papel decisivo no reforço e diversificação do tecido económico e social das zonas rurais. Esse papel pode ser medido quando se comparam as “zonas rurais de regadio” com as “zonas rurais de sequeiro” em relação a um conjunto de indicadores sócio-económicos. Em estudo realizado a nível nacional⁵, foi possível observar, a este respeito, o seguinte:

- as zonas rurais de regadio apresentam uma maior densidade demográfica do que as zonas rurais de sequeiro;
- as zonas rurais de regadio apresentam uma taxa de envelhecimento das populações menor que as zonas rurais de sequeiro;
- os níveis de escolaridade e de qualificação profissional são superiores nas zonas rurais de regadio;
- as zonas rurais de regadio apresentam um grau de densidade e de diversidade das actividades económicas regionais superior ao das zonas rurais de sequeiro;
- finalmente, as populações das zonas rurais de regadio apresentam um nível de poder de compra superior ao das populações das zonas rurais de sequeiro.

Pelas razões atrás expostas, que realçam a imprescindibilidade, em muitas situações, da utilização da água de rega como factor de produtividade económica e de sustentabilidade social e dos recursos naturais, a que acrescem razões ligadas à escassez do próprio “recurso água”, torna-se cada vez mais necessário estabelecer os princípios económicos básicos que conduzam a uma utilização sustentável dos recursos hídricos.

³ Consideram-se “sistemas de agricultura de produção economicamente competitivos” aqueles que, produzindo no e para o mercado, garantem uma remuneração adequada do conjunto de factores de produção utilizados.

⁴ Consideram-se “sistemas de agricultura de conservação” aqueles que visam garantir uma adequada conservação de recursos naturais, cuja viabilidade é normalmente assegurada por apoios concedidos no âmbito de políticas públicas.

⁵ Cf. ponto 4 deste artigo, “A agricultura de regadio em Portugal: contributo para o Plano Nacional de Regadio”, 2004

2. PRINCÍPIOS ECONÓMICOS BÁSICOS PARA UMA UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS

RECURSOS HÍDRICOS

Uma utilização sustentável dos recursos hídricos, isto é, uma utilização que não coloque em risco o seu uso por parte das gerações vindouras, deverá reger-se por três princípios básicos, a saber:

- o princípio do valor social da água, que reconhece que a água é um bem de consumo essencial, ao qual todos devem ter acesso;
- o princípio do valor ambiental da água, que determina que a água é um recurso cuja sustentabilidade ambiental deve ser assegurada, para que o próprio princípio do valor social não seja colocado em causa;
- o princípio do valor económico da água, que evidencia que a água é um recurso escasso, cuja utilização deve ser economicamente eficiente, ou seja, em que os benefícios resultantes da sua utilização devem ser capazes de compensar a totalidade dos custos inerentes ao seu uso.

A aplicação de facto destes princípios exige, por um lado, a capacidade para determinar as diversas componentes de custo que resultam da utilização de água para rega (componente ambiental, componente de escassez e componente de capital) e, por outro, o conhecimento dos diversos benefícios que resultarão dessa utilização (benefícios sociais e benefícios económicos e, por vezes com alguma importância na agricultura, benefícios em termos ambientais e da própria escassez).

Nesse sentido, e do lado dos custos, a definição das condições de sustentabilidade do uso de água para rega implica:

- por um lado, a internalização dos custos decorrentes de utilizações susceptíveis de causar um impacto negativo na qualidade (custos ambientais) e na quantidade (custos de escassez) de água disponível;
- por outro, a recuperação integral dos custos dos serviços públicos que beneficiam os utilizadores da água disponível (custos de investimento na captação, armazenamento e distribuição da água, e respectivos custos de manutenção e de exploração).

3. VALORIZAÇÃO ECONÓMICA DA ÁGUA PARA REGA

Enquanto recurso escasso, a valorização económica da água para rega deverá ser expressa com base no respectivo preço. Este preço (que num mercado não regulamentado deveria exprimir o grau de escassez do recurso) deverá resultar sempre da conjugação de três factores:

- dos custos totais decorrentes das respectivas componentes social, ambiental e económica, isto é, do custo da água na óptica da oferta (CA);
- da disposição a pagar pela água de rega por parte dos seus utilizadores (DAP), isto é do benefício gerado pela água na óptica da procura;
- das políticas públicas que, visando objectivos bem definidos, regulem as condições de oferta e procura de água para rega, isto é, das intervenções que possam interferir na relação entre a DAP e o CA, uma vez que só existirá mercado se $DAP \geq CA$.

Vejamos as principais questões que se colocam na análise de cada um destes factores, e a forma como interferem na valorização económica da água de rega.

3.1. O CUSTO DA ÁGUA DE REGA NA ÓPTICA DA OFERTA (CA)

O CA correspondente deverá contabilizar as diferentes componentes de custo associadas à captação, armazenamento e distribuição da água de rega até à entrada da parcela, ou seja:

- a componente económica, cujo cálculo deverá basear-se
 - no custo equivalente anual das despesas de investimento inicial (no caso de infra-estruturas recentes) ou do respectivo investimento de reabilitação e modernização (no caso de infra-estruturas degradadas para as quais existe projecto de reabilitação) de todo o sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de rega; esta parcela deverá ser calculada de acordo com a seguinte fórmula expressão (CEAn)

$$\sum_{t=1}^n C_t \times \frac{1}{(1+i)^t} \times FRC \quad (1)$$

em que

- C_t representa os valores de investimento previstos em cada momento

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

- i a taxa de actualização entendida mais conveniente

- n o período de tempo a considerar para a recuperação integral dos custos

O valor anual apurado para o CEAn deverá ser, posteriormente, dividido pelo volume total de água para rega distribuída, vindo por isso expresso em €/m³ de água de rega.

- o nos custos anuais de manutenção e conservação das infra-estruturas e equipamentos do sistema referido (CAMan); este valor anual de custos deverá ser dividido pelo volume anual de água distribuída, vindo a variável expressa em €/m³
- o nos custos anuais de exploração do sistema, nomeadamente os decorrentes do consumo de energia eléctrica, da utilização de pessoal, da compra de materiais e da contratação dos serviços necessários (CAExp); tal como para as componentes anteriores, o valor anual dos custos de exploração deverá ser dividido pelo volume total de água distribuída, por forma a exprimir a variável em €/m³
- o a componente ambiental, cujo cálculo deverá basear-se
 - o nos custos ambientais (associados com a poluição pontual ou difusa gerada pelas actividades utilizadoras da água de rega), cuja valorização económica é, usualmente, efectuada através de um coeficiente ambiental (a) que agrava a componente económica do custo (item anterior) de acordo com a carga poluente prevista; o valor global desta componente, em cada situação concreta, deverá ser suficiente para despoluir (activa ou preventivamente) as reservas de água utilizadas com a respectiva captação;
 - o nos custos de escassez (referentes à disponibilidade relativa da água para rega em cada circunstância), cuja valorização económica poderá ser efectuada através de um coeficiente de escassez (e), que agrava a componente económica do custo, em função da escassez actual e/ou potencial na região; este coeficiente poderá igualmente variar em função do volume global de água, visando inibir usos excessivos de água.

Desta forma, o CA poderia ser calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$CA \text{ (€/m}^3\text{)} = [CEA + CAMan + CAExp] \times (1+a+e) \quad (3)$$

Tendo em conta o que ficou escrito, estamos em condições de elencar os principais factores que determinam o CA para rega:

- o em primeiro lugar, são determinantes as características actuais e potenciais das bacias hidrográficas onde se localizem as captações de água em análise, uma vez que o coeficiente de escassez, acima referido, será determinado por estas características;
- o em segundo lugar, assume importância relevante o sistema de rega em análise e as suas características específicas (sistemas colectivos ou individuais, sistemas públicos ou privados), uma vez que os valores de base a utilizar para determinação da componente económica do CA (CEAn + CAMan + CAExp) serão sempre função destas características;
- o intimamente relacionado com a questão anterior, é determinante a origem da água que abastece o sistema em análise, pois os valores de base para cálculo da componente económica do custo da água variam consoante se trate de captações de águas de escoamento superficial (açudes, charcas, barragens, cursos de água) ou em profundidade (furos, poços);
- o é igualmente relevante o método utilizado para colocação de água à entrada da parcela (com ou sem necessidade de elevação da água) bem como a pressão com que a água é colocada (sem pressão ou com pressão), uma vez que os custos com a energia (enquadrados no CAExp) são bastante diversos;

- finalmente, são determinantes os sistemas culturais e as tecnologias de produção que irão ser praticadas pelos utilizadores da água, uma vez que destas dependerá, entre outras coisas, o volume de água utilizado que é função da eficiência de utilização (com impacto no coeficiente de escassez - e) bem como o potencial poluente da tecnologia utilizada (com impacto no coeficiente ambiental - a).

3.2. ÓPTICA DA PROCURA – A DISPOSIÇÃO A PAGAR PELA ÁGUA DE REGA (DAP)

A DAP é aqui entendida como o benefício que os utilizadores da água de rega (produtores agrícolas de regadio) esperam poder vir a alcançar no âmbito das actividades de produção em que a água é utilizada.

O cálculo da DAP baseia-se, assim, na determinação do rendimento da água (RA), ou seja, no resultado obtido quando se subtraem às receitas totais geradas pela produção agrícola de regadio os custos associados com o pagamento ou remuneração dos factores intermédios ou primários de produção, com excepção dos custos correspondentes à disponibilização da água à entrada da parcela.

O processo de cálculo referido pode ser descrito em pormenor de acordo com o esquema seguinte:

Valor da produção agrícola de regadio (VP)
+ Pagamentos aos produtores ligados à produção agrícola de regadio (PPLP)
- Consumos intermédios da produção agrícola de regadio (CI)
- Consumo de capital fixo associado à produção agrícola de regadio (CCF)
- Juros sobre o capital utilizado na produção agrícola de regadio, excepto capital fundiário (J)
- Remuneração do trabalho utilizado na produção agrícola de regadio (S)
= Rendimento da água, da terra e do empresário (RATE)
- Custo de oportunidade da terra e do empresário (COTE)
= Rendimento da água de rega utilizada (RA)
/ Volume de água utilizado para rega (VA)
= Disposição a pagar pela água (DAP), expressa em €/m³

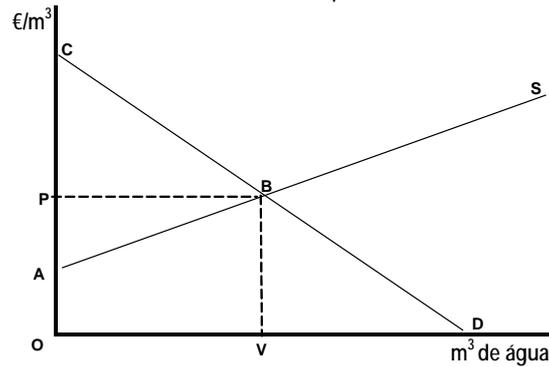
Tendo em conta as diversas parcelas envolvidas na sua determinação, consideramos serem os seguintes os principais factores determinantes do valor da DAP:

- por um lado, os níveis e relações de preços dos factores de produção e dos produtos agrícolas, bem como os sistemas de apoio ao rendimento dos produtores agrícolas, uma vez que irão determinar directamente os valores das parcelas referidas;
- por outro, as características agro-ecológicas e sócio estruturais das unidades de produção de regadio que irão utilizar a água de rega, uma vez que estas limitam à partida o “campo dos possíveis” no que diz respeito às actividades agrícolas de regadio a desenvolver;
- igualmente importantes, embora de certo modo limitadas pelas duas alíneas anteriores, são as opções culturais e tecnológicas, uma vez que definirão e quantificarão a afectação de recursos à produção agrícola de regadio e, consequentemente, o valor das alíneas de custos e proveitos do esquema acima apresentado;
- finalmente, a DAP dependerá igualmente dos níveis de risco actuais e potenciais associados com as produções de regadio (risco técnico, risco climático, risco de mercado, ...), pois estes serão determinantes na variabilidade e valor médio das diferentes parcelas envolvidas no cálculo da DAP.

3.3. FORMAÇÃO DE PREÇOS DA ÁGUA DE REGA

Em termos teóricos e conceptuais, uma vez definidas as condicionantes da oferta e da procura de água para rega, se admitíssemos um modelo de concorrência perfeita no mercado associado a uma determinada captação de água, o preço da água para rega em cada momento e circunstância formar-se-ia como consequência da intercepção das suas curvas da oferta e da procura, de acordo com o diagrama que se apresenta.

Preço da Água (Análise Teórica)
 Diagrama representativo da Procura (D) e Oferta de Água (S) num dado momento no tempo

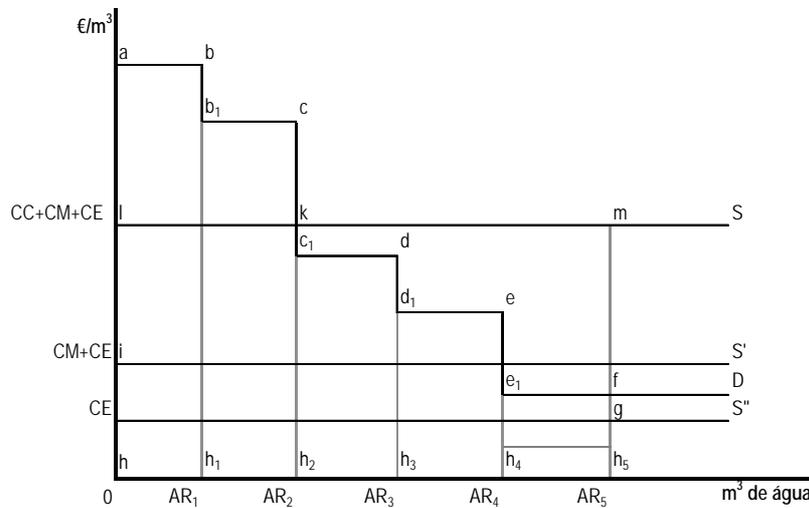


De acordo com este diagrama, é possível medir graficamente o CA e a DAP, bem como determinar o respectivo preço e volume de água utilizada para rega:

DAP = Área [OVBC]	Preço da água = $P = DAP_{\text{marginal}} = CA_{\text{marginal}}$
CA = Área [OABV]	Volume de água utilizado = V
BL ⁶ = Área [ABC]	

No entanto, e dadas as características tanto da oferta de água (um único agente da oferta para cada circunstância, e oferta completamente rígida) como da sua procura (caracterizada por patamares, ao longo dos quais a elasticidade da procura é igualmente nula), o diagrama empírico associado ao “mercado da água” (definido em torno de uma determinada captação) é o que se apresenta abaixo.

Preço da água (análise empírica)
 Diagrama representativo da Procura (D) e Oferta de Água (S) num dado momento no tempo



em que:

- $AR_1, AR_2 \dots AR_5$ -> actividades de regadio
- CE (custo anual de exploração), CM (custo anual de manutenção e conservação), CC (custos equivalente anual do investimento) – Curva S

⁶ BL – benefício líquido gerado após remuneração adequada de todos os factores intermédios e primários de produção, incluindo a terra e o empresário.

- DAP (Curva S)
 - DAP_1 da $AR_1 = a b h_1 0$
 -
 - DAP_5 da $AR_5 = e_1 f h_5 h_4$
 - DAP total = das DAP
- PA – depende dos custos que se pretendem recuperar ($PA=CE$, ou $PA=CM+CE$, ou $PA=CM+CE+CC$), e dos coeficientes de escassez e ambiental, função das opções de política a adoptar⁷
- $BL = DAP - PA$

A leitura deste diagrama, permite evidenciar que a opção de preço de água a praticar (a definir pelo agente da oferta) terá implicações importantes na ocupação do solo com actividades de regadio. De facto, para um determinado nível de PA (função dos custos económicos e dos coeficientes de escassez e ambiental), todas as actividades de regadio que apresentem uma DAP inferior a esse nível não são competitivas no uso da água de rega, pelo que tenderão a “desaparecer” da área beneficiada pela captação de água em questão, permanecendo (e fortalecendo a sua importância relativa) aquelas que apresentam uma DAP superior a esse PA.

3.4. POLÍTICAS PÚBLICAS

De acordo com o que foi referido, torna-se evidente que o preço da água a praticar em cada situação será forçosamente função de um conjunto de opções de política, que estarão essencialmente ligadas com os seguintes aspectos:

- o preço da água resultará dos valores das três componentes do custo económico da água e dos respectivos coeficientes de escassez e ambiental (os valores destes últimos, embora carecendo de uma base técnica, são claramente determinados por opções de política);
- definição de quais as componentes do custo económico da água que irão ser integradas no preço da água; esta opção, claramente política, poderá conduzir a valores mais elevados (inclusão das totalidade das três componentes – CEAn, CAMan e CAExp), ou sucessivamente mais reduzidos, ao excluir o CEAn, os CAMan e, eventualmente, parte dos CAExp (deixando apenas, por exemplo, incluídos os custos energéticos);
- a forma como são definidos e a gama de valores a atribuir aos coeficientes de escassez e ambiental constitui igualmente uma opção de política; referimos já, anteriormente, a possibilidade de penalizar consumos elevados através do aumento progressivo do coeficiente de escassez por escalões de consumo; poderá considerar-se, para certas regiões em que se considere essencial a dinamização do regadio, atribuir um valor nulo a esse mesmo coeficiente;
- em resumo, quanto mais componentes do custo económico da água estiverem incluídas, e quanto mais elevados forem os coeficientes de escassez e ambiental, mais elevado será o preço da água (curva empírica da oferta desloca-se para cima)⁸.

Em termos práticos, e para cada circunstância particular em análise, quanto mais elevado for o preço da água:

- menos actividades de regadio apresentarão um BL positivo, isto é, menos actividades são competitivas no uso da água de rega;
- menos diversificada fica a ocupação do solo, pois tendem a permanecer e a expandir-se apenas as actividades mais competitivas no uso da água;
- menor tenderá a ser o volume total de água consumida na zona de influência da captação em questão.

⁷ A este propósito, cf. ponto 3.4.

⁸ Como é evidente, a redução do preço da água por opção de política, transferirá sempre para terceiros a parcela de custo (económico, ambiental e de escassez) não suportada pelos utilizadores

Uma questão importante, do ponto de vista do apuramento do “custo” das opções de política de preço da água, prende-se com o interesse em determinar um indicador que aqui designaremos por IRCA (indicador de recuperação do custo da água), que poderá ser definido da seguinte forma:

$$IRCA = \frac{PA}{CustoEconomicoAgua} \times 100 \quad (4)$$

em que:

- PA – preço da água (€/m³)
- CustoEconomicoAgua – [CEAn + CAMan + CAExp] (€/m³)

Sempre que o IRCA seja igual a 1, o preço praticado permite recuperar, na íntegra, as três componentes do custo económico da água, ficando por cobrir os custos ambientais e de escassez. Já quando o seu valor é superior a 1, para além da cobertura dos custos anteriores, é gerado um excedente para cobertura de custos ambientais e de escassez, cujo valor deverá ser permanentemente avaliado face ao valor real desses custos. No extremo oposto (IRCA<1) encontram-se as situações em que o preço cobrado pela água não será sequer suficiente para cobrir os custos económicos.

4. APLICAÇÕES RELEVANTES DA ANÁLISE ECONÓMICA DA ÁGUA DE REGA

De aplicação genérica, a metodologia atrás descrita foi já diversas vezes aplicada a diversas situações, no âmbito de trabalhos desenvolvidos por equipas que integraram, entre outros, os autores deste artigo.

De entre eles, permitimo-nos destacar os seguintes:

- “A agricultura de regadio em Portugal: contributo para o Plano Nacional de Regadio”, 2004 (estudo desenvolvido para o ex-IDRHA)
- “Avaliação do impacto sócio-económico da componente hidroagrícola do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva”, 2004 (estudo desenvolvido para a EDIA)
- “Impacto sobre as explorações agrícolas de regadio da nova concepção do sistema de rega de Alqueva”, 2005 (estudo desenvolvido para o MADRP e para a EDIA)
- “Evolução futura da agricultura de regadio dos aproveitamentos hidroagrícolas integrados na Federação Nacional das Associações de Regantes”, 2006 (estudo desenvolvido para a FENAREG)
- “Análise da oferta e da procura de água para rega na situação actual no contexto da reforma da PAC e da Directiva Quadro da Água”, 2006 (Tese de Mestrado da Eng^a. Vera Guinapo em Economia e Estudos Europeus, ISEG, orientada pelo Prof. Francisco Avillez)

Embora correndo o risco de alguma simplificação excessiva, vale a pena referir que os diversos estudos atrás mencionados comungaram de alguns aspectos em termos metodológicos, a saber:

- delimitação de zonas homogéneas e respectiva caracterização sócio-económica,
- identificação e caracterização dos sistemas de produção agrícola de regadio,
- escolha de indicadores de análise dos resultados económicos de produção agrícola de regadio,
- definição de cenários de evolução de preços e apoios públicos à agricultura de regadio (cenário base e cenários futuros alternativos),
- análise comparativa dos indicadores resultantes da adopção dos cenários futuros (com e sem inclusão de cenários de evolução de preços e ajudas).

A informação de base utilizada nos estudos em causa, pode também ser tipificada da seguinte forma:

- dados do INE, resultantes de tratamento desagregado da informação de base disponível do RGA 99 e dos Inquéritos às Estruturas de 2005 e 2007,
- dados do INGA (IFAP) referentes às explorações agrícolas que beneficiam de apoios directos à produção, baseados na informação dos respectivos parcelários, fornecida por “grupos de explorações agrícolas” classificados de acordo com critérios previamente definidos,

- informação disponibilizada pelas Associações de Regantes ou de Agricultores relativamente ao tipo de regantes, áreas regadas, tecnologias de rega, culturas de regadio praticadas, volumes de água de rega, preços de água praticados, etc...,
- orçamentos de actividades de produção agrícola de regadio (ou contas de cultura de regadio) mais representativos, quer dos sistemas actualmente praticados, quer de potenciais evoluções tecnológicas futuras;
- projecções futuras dos sistemas de preços e de apoios públicos à produção agrícola de regadio.

Os resultados obtidos em cada um dos estudos em causa foram diversos, uma vez que os objectivos visados eram igualmente distintos. No entanto, e em traços muito gerais, poderemos agrupar em quatro tipos os principais resultados:

- caracterização agro-tecnológica e sócio-económica, com grau de detalhe diferenciado, da agricultura de regadio das regiões estudadas;
- análise da competitividade dos sistemas/culturas de regadio (resultados económicos líquidos, DAPs e Cas) para os diferentes cenários futuros alternativos considerados;
- na maioria dos estudos, os resultados económicos futuros obtidos reflectem apenas alterações nos sistemas de preços e apoios agrícolas; ou seja, as DAP e os CA calculados não incorporam potenciais alterações no tipo de ocupação cultural ou nas tecnologias de produção consideradas na situação actual;
- nos estudos para a FENAREG, para além da metodologia descrita, recorreu-se à elaboração de modelos de programação matemática positiva (MPMP), cuja aplicação possibilitou a introdução de alterações nos sistemas de produção no contexto dos cenários alternativos futuros.

Referências Bibliográficas

Agroges (2004). *Avaliação do impacto sócio-económico da componente hidroagrícola do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva*. EDIA

Agroges (2005). *Impacto sobre as explorações agrícolas de regadio da nova concepção do sistema de rega de Alqueva*. EDIA

Agroges (2006). *Evolução futura da agricultura de regadio dos aproveitamentos hidroagrícolas integrados na Federação Nacional das Associações de Regantes*. FENAREG

Avillez, F et alli (2004). *A agricultura de regadio em Portugal: contributo para o Plano Nacional de Regadio*. IDRHA, MADRP

Correia, L (2007). *Análise dos impactos dos custos da rega e preço da água na viabilidade do regadio no aproveitamento hidroagrícola da Vigia* - tese de mestrado. ISA, Universidade Técnica de Lisboa

Guinapo V (2004). *Análise da oferta e da procura de água para rega na situação actual no contexto da reforma da PAC e da Directiva Quadro da Água* - tese de mestrado. ISEG, Universidade Técnica de Lisboa
Noéme C; Fragoso R; Coelho L (2004). *Avaliação económica da utilização da água em Portugal. Determinação do preço da água para fins agrícolas: Aplicação aos aproveitamentos hidroagrícolas de Odivelas, da Vigia e do Sotavento Algarvio*. ISA, Universidade Técnica de Lisboa

Rodrigues, G.C., Pereira, L.S., (2009). *Assessing economic impacts of deficit irrigation as related to water productivity and water costs*. Biosystems Engineering 103(4): pp. 536-551