

## ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NAS BACIAS DO SADO E TEJO E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE DE ARROZ

David Ferreira<sup>1\*</sup>, Manuela Simões<sup>1</sup>, Fernando Reboredo<sup>1</sup>, Fernanda Pessoa<sup>1</sup>, Ana Sofia Almeida<sup>2</sup>, Ivelina Daradzanska<sup>3</sup>, Fernando Lidon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências da Terra e Geobiotec. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Campus de Caparica, Caparica, Portugal.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), Estrada de Gil Vaz, Apartado 6, 7350 Elvas, Portugal.

<sup>3</sup> Faculty of Plant Protection and Agroecology, Agricultural University - Plovdiv, Bulgaria.

### Resumo

A agricultura é fortemente dependente das condições meteorológicas. As alterações climáticas podem modificar padrões de precipitação levando à ocorrência de fenómenos extremos como secas e cheias. As culturas irrigadas, como é o caso do arroz, podem ser afectadas por escassez de água devido à ocorrência de extensos períodos de secas ou até mesmo cheias. Em Portugal, importantes áreas de produção orizícola estão localizadas nas bacias do Tejo e do Sado. A análise da precipitação de estações meteorológicas desde 1931/32 até 2016/17 na bacia do Sado e 1909/10 até 2016/17 na bacia do Tejo evidenciam variações similares na distribuição anual da precipitação. Desde o início dos registos até 1949/50 foi observado um período seco, seguido de um húmido desde 1950/51 até 1994/95. Um período instável e seco foi observado desde 1995/96 até à actualidade com um decréscimo no padrão de precipitação e uma maior oscilação relativamente à tendência que se vinha verificando. Em contrapartida, em períodos húmidos, o regime de precipitações é mais regular e com menos episódios muito húmidos e muito secos. Para avaliar os efeitos do regime de distribuição anual da precipitação foi estudada a produtividade de dois canteiros de arroz no intervalo de 10 e 11 anos, não tendo sido observada qualquer correlação com a precipitação porque esta depende de muitos outros factores, tais como as técnicas agrícolas utilizadas ou variedades cultivadas.

### Abstract

Agriculture is strongly dependent on weather conditions and climate change can alter precipitation patterns leading to extreme events as droughts and floods. Irrigated crops, such as rice, could be affected by water shortage due to prolonged drought periods or even floods. In Portugal, important paddy fields are located in Sado and Tejo river basins. Analysis of precipitation in meteorological stations from 1931/32 to 2016/17 in Sado basin and 1909/10 to 2016/17 in Tejo basin show similar variations. From record's beginning until 1949/50 a dryer season was observed, followed by a wet season from 1950/51 until 1994/95. An instable and drier season was observed from 1995/96 onwards, with a decrease in the precipitation pattern in parallel with a great oscillation compared with the trendline. Conversely, in wet periods the precipitation pattern is more alike with smaller variations in what regards the trendline. Thus, farmers are forced to select, the more drought resistant crops in order to face the insecurity of dryer periods. No extrapolations can be derived from yield and precipitation data within a short-time period of 11 and 10 years as seen in the Sado and Tejo basins. The increase in precipitation does not always means higher yields, since other interacting factors might influence productivity.

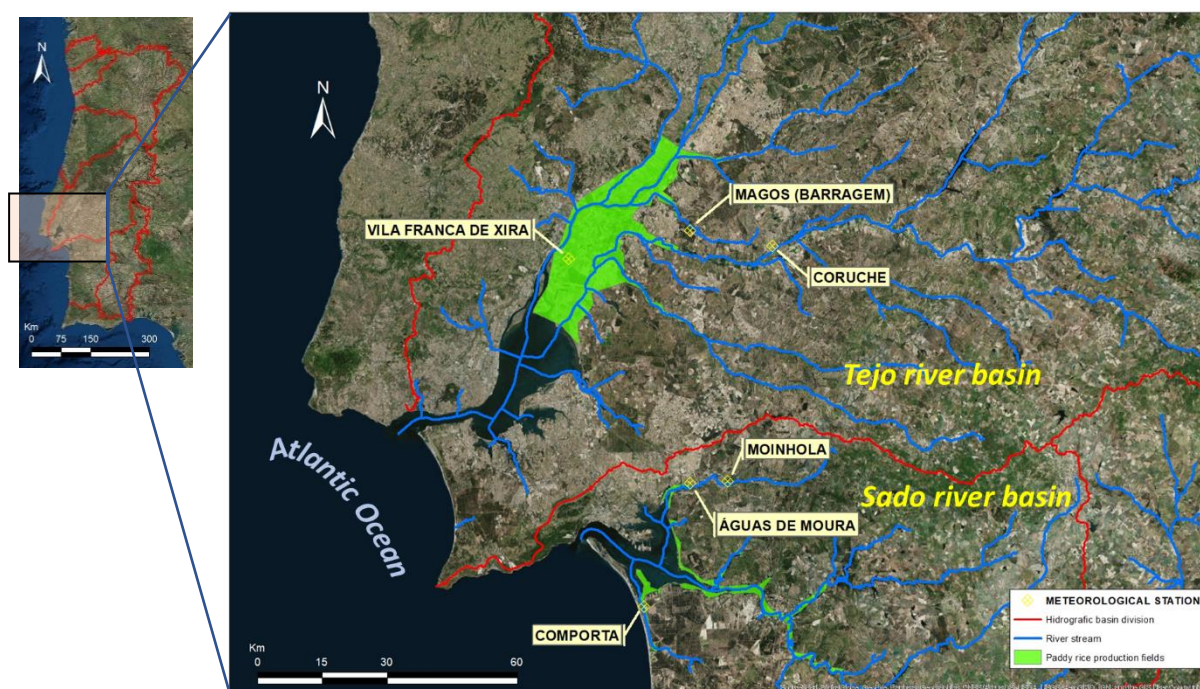
**Palavras Chave:** Alteração climática; Precipitação; Produção de arroz; Bacias do Tejo e Sado

\* Autor correspondente: David Jorge Ferreira. Email: djo.ferreira@campus.fct.unl.pt

## 1. INTRODUÇÃO

As alterações climáticas podem afectar os sistemas naturais, sociais e económicos. Na Europa, já são notórias as diferenças nos padrões de precipitação, sendo observados aumentos de precipitação no Norte europeu e reduções nas zonas Sul e Mediterrânea. Reduções contínuas de precipitação associadas à prevalência de temperaturas elevadas podem resultar em secas que podem afectar regiões vulneráveis, como é o caso do Mediterrâneo e do Oeste europeu. A crescente instabilidade do sistema climático pode levar a condições meteorológicas cada vez menos previsíveis. Os sistemas agrícolas e ecológicos são fortemente dependentes das condições meteorológicas afectando a sua produtividade. Usualmente, as zonas ribeirinhas são áreas de práticas agrícolas de regadio, como é o caso do cultivo do arroz. Episódios de elevada precipitação e cheias associadas podem reduzir substancialmente a produtividade das culturas de arroz. Temperaturas elevadas e escassez de água são factores limitantes da produtividade, especialmente em regiões sensíveis, áridas e semiáridas. O decréscimo da quantidade de água nos rios e ribeiras pode comprometer a sua qualidade em virtude do aumento da concentração de nutrientes, matéria orgânica e sedimentos. Em Portugal, a produção orizícola ocorre nas margens e estuários dos rios Mondego, Tejo e Sado, estando estes dois últimos situados a Sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela e, por isso, na região mais árida do país. O objectivo do presente estudo é compreender o padrão e a variabilidade interanual da precipitação nas bacias do Tejo e Sado a fim de definir tendências para a ocorrência de períodos secos e húmidos a longo prazo e como estas podem afectar o cultivo e produtividade do arroz.

Os rios Tejo e Sado estão localizados na Península Ibérica e ambos desaguam no Oceano Atlântico no Oeste de Portugal. O rio Tejo é um rio internacional que nasce em Albarracín (Espanha) e comporta uma extensão de 1 100 km e uma bacia de 80 600 km<sup>2</sup>. O rio Sado é um rio português que nasce na Serra da Vigia e tem uma extensão de 180 km e uma bacia de 7 692 km<sup>2</sup>. A bacia do Tejo está localizada a Norte da bacia do Sado. Os rios Tejo e Sado têm um clima mediterrâneo com variabilidade intra e interanual. A agricultura é uma das principais actividades localizadas no Tejo e Sado com especial incidência no cultivo do arroz. A área alocada à orizicultura ronda os 13 500 ha na bacia do Tejo e 7 000 ha na bacia do Sado (Fig. 1).



*Figura 1. Rede hidrográfica dos rios Tejo e Sado e localização das estações meteorológicas e campos de cultivo de arroz.*

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

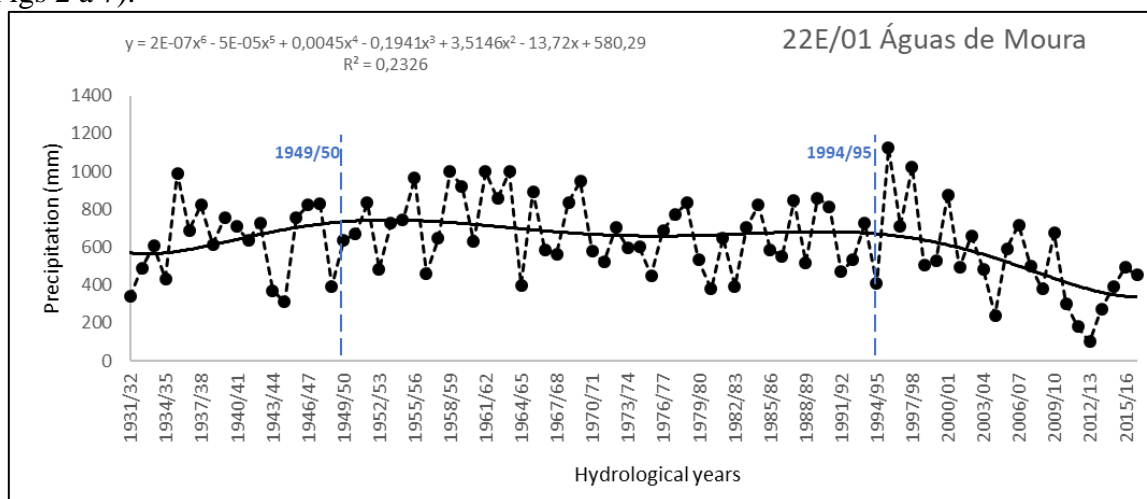
O presente estudo teve como base séries de precipitação de estações meteorológicas da rede de monitorização do SNIRH, APA. Foram seleccionadas as estações meteorológicas que culminavam com a maior proximidade aos campos de cultivo do arroz e com as séries mais longas de registos. Na bacia do Sado foram consideradas as estações meteorológicas de Águas de Moura, Comporta e Moinhola, onde se registaram precipitações médias anuais de 633 mm, 514 mm e 632 mm no período de 1931/32 a 2016/17; e na bacia do Tejo foram consideradas as estações meteorológicas de Coruche, Magos (Barragem) e Vila Franca de Xira com 603 mm, 597 mm e 587 mm de precipitação média anual no período de 1909/10 a 2016/17. Os dados foram compilados por ano hidrológico e completas as séries por correlação com as estações mais próximas e obtidos coeficientes de correlação (Tabela 1). Fizeram-se gráficos de distribuição anual da precipitação e ajustada linha de tendência polinomial de 6º grau.

**Tabela 1.** Índices de correlação entre as estações meteorológicas usadas nas séries de precipitação.

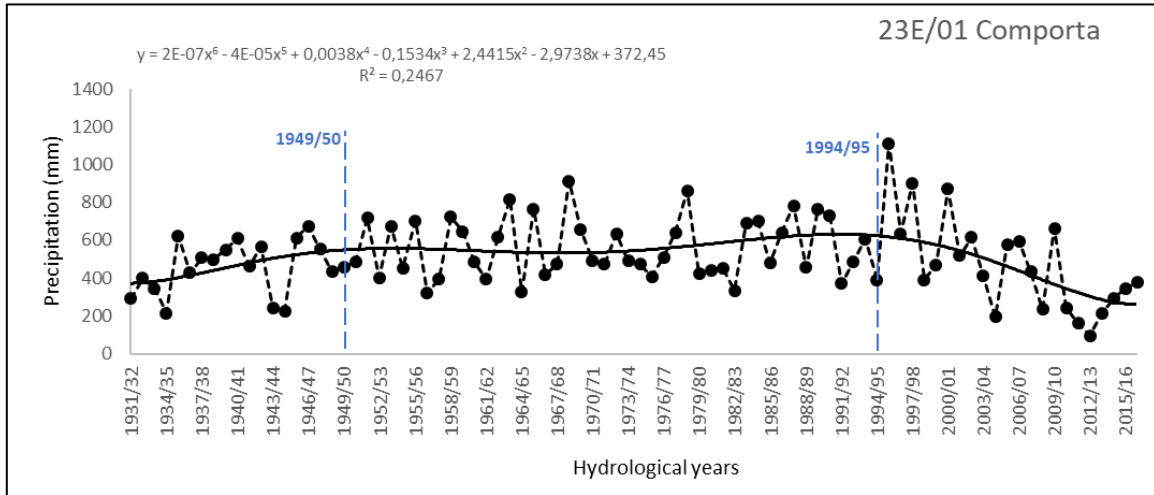
	Águas de Moura	Comporta	Magos (Barragem)	Vila Franca de Xira	Lisboa (IGIDL)
	Correlação com Moinhola (Valor R <sup>2</sup> )	Correlação com Moinhola (Valor R <sup>2</sup> )	Correlação com Coruche (Valor R <sup>2</sup> )	Correlação com Magos (Barragem) (Valor R <sup>2</sup> )	Correlação com Vila Franca de Xira (Valor R <sup>2</sup> )
<b>Outubro</b>	0,8781	0,8006	0,8429	0,8376	0,8222
<b>Novembro</b>	0,9137	0,8492	0,7527	0,8561	0,8808
<b>Dezembro</b>	0,9198	0,8900	0,8747	0,9104	0,9446
<b>Janeiro</b>	0,9036	0,8988	0,8816	0,8921	0,5986
<b>Fevereiro</b>	0,9432	0,8361	0,8915	0,9006	0,9153
<b>Março</b>	0,8475	0,8284	0,7522	0,8870	0,9260
<b>Abril</b>	0,8516	0,7434	0,6359	0,7518	0,7547
<b>Mai</b>	0,9010	0,7672	0,7318	0,7583	0,6395
<b>Junho</b>	0,7692	0,7951	0,5482	0,5147	0,6561
<b>Julho</b>	0,6555	0,5462	0,6221	0,7734	0,5828
<b>Agosto</b>	0,5962	0,0174	0,7883	0,4702	0,8472
<b>Setembro</b>	0,7973	0,6587	0,7749	0,5766	0,6241

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

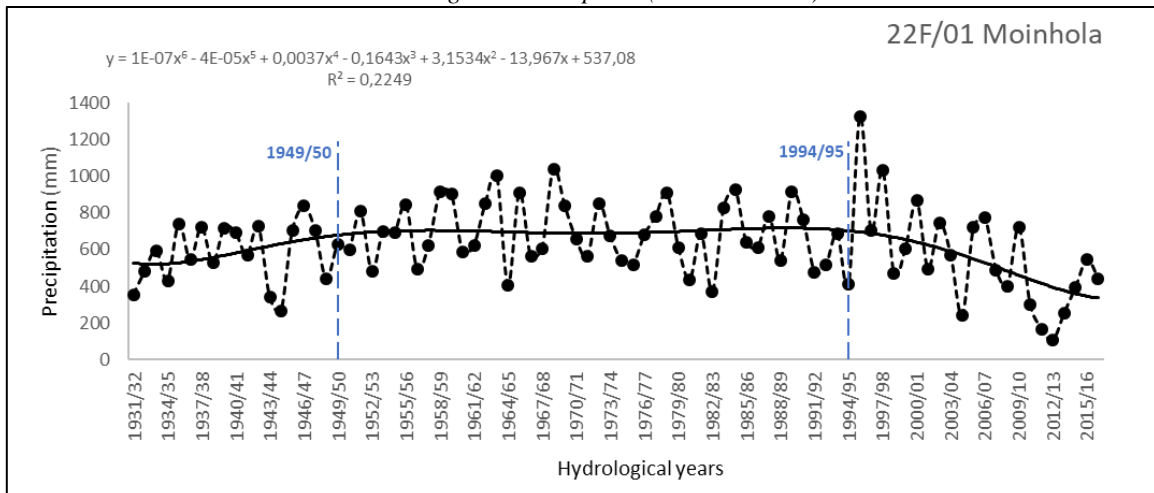
A análise das séries de precipitação nas diferentes estações permitiu estabelecer três períodos, confirmados pelo traçado da linha de tendência polinomial do 6.º grau que mais se ajustava (Figs 2 a 7).



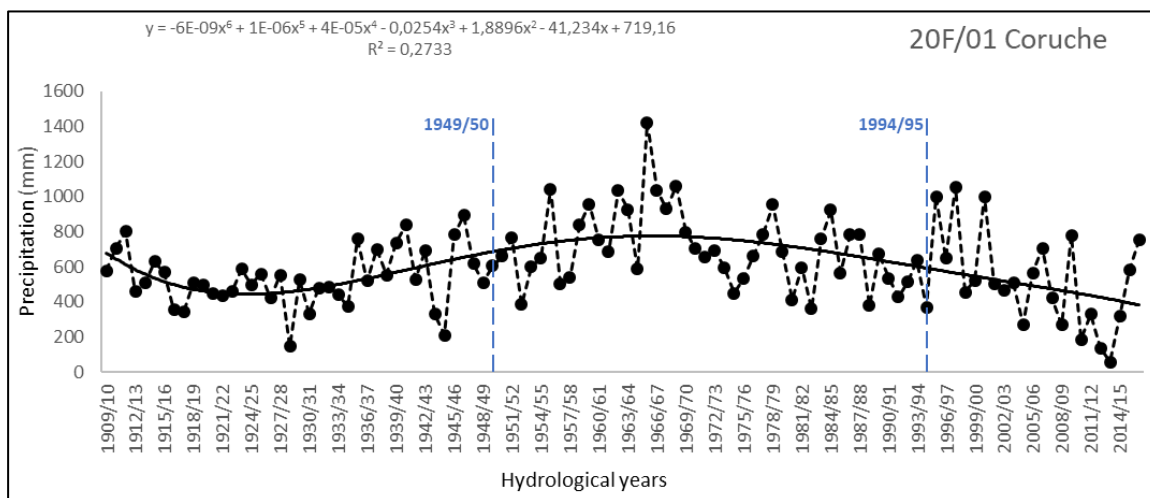
**Figura 2.** Distribuição da precipitação média anual para os anos hidrológicos 1931/32-2016/17 na estação meteorológica de Águas de Moura (Bacia do Sado).



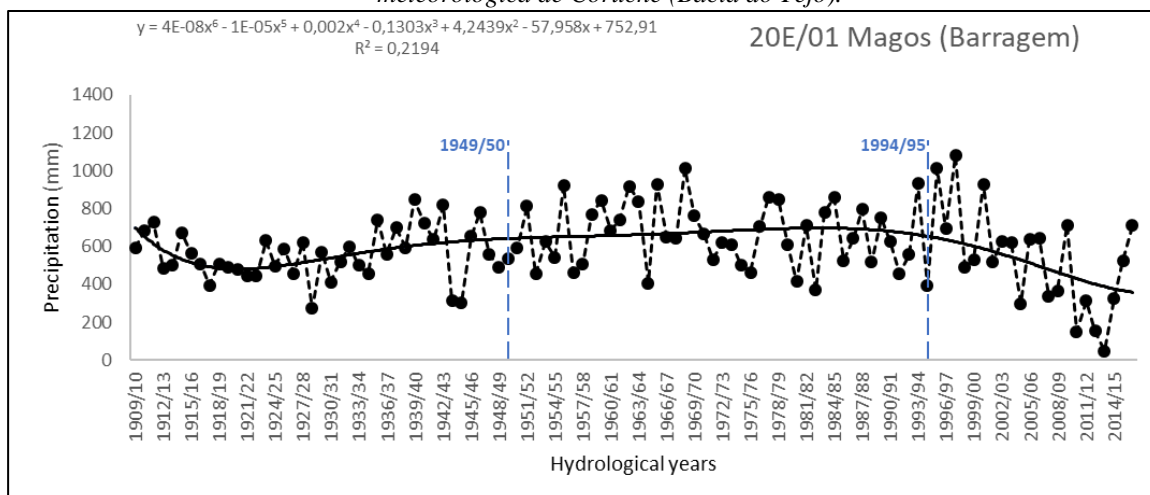
**Figura 3.** Distribuição da precipitação média anual para os anos hidrológicos 1931/32-2016/17 na estação meteorológica de Comporta (Bacia do Sado).



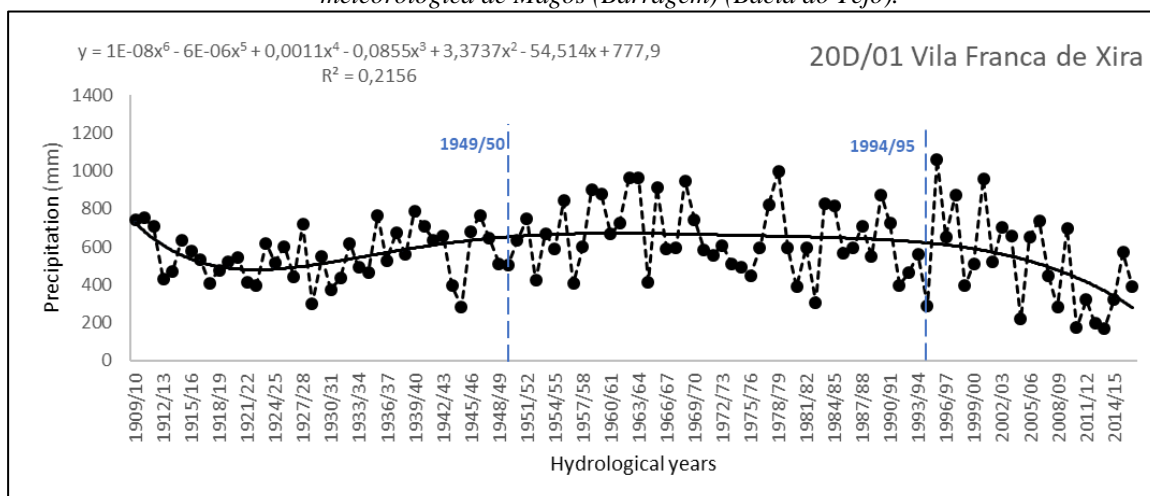
**Figura 4.** Distribuição da precipitação média anual para os anos hidrológicos 1931/32-2016/17 na estação meteorológica de Moinhola (Bacia do Sado).



**Figura 5.** Distribuição da precipitação média anual para os anos hidrológicos 1909/10-2016/17 na estação meteorológica de Coruche (Bacia do Tejo).



**Figura 6.** Distribuição da precipitação média anual para os anos hidrológicos 1909/10-2016/17 na estação meteorológica de Magos (Barragem) (Bacia do Tejo).

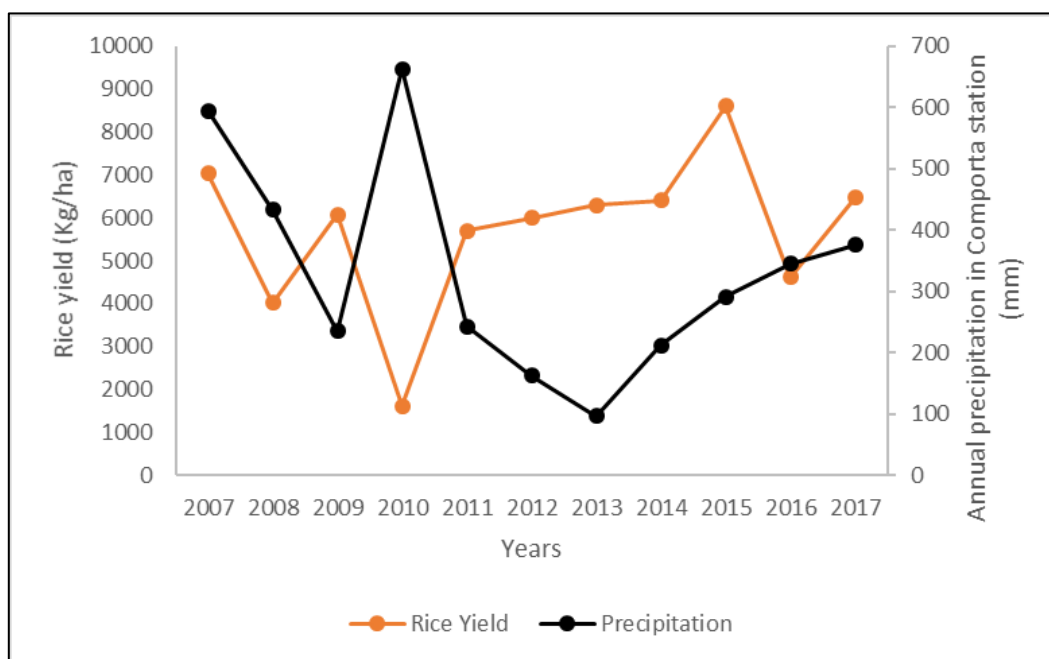


**Figura 7.** Distribuição da precipitação média anual para os anos hidrológicos 1909/10-2016/17 na estação meteorológica de Vila Franca de Xira (Bacia do Tejo).

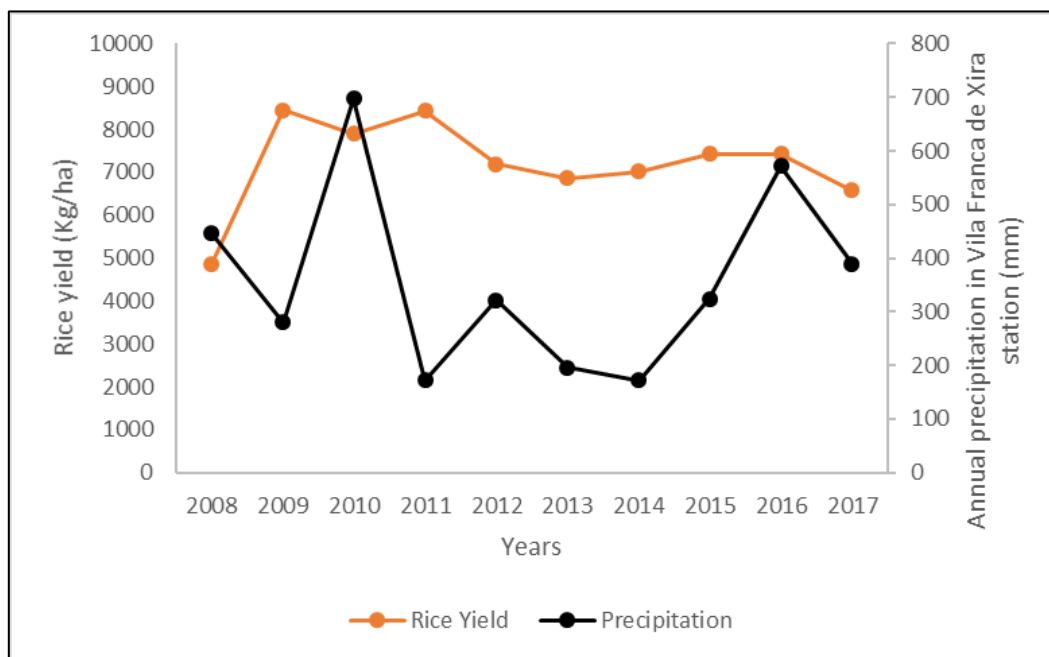
O primeiro período com padrão uniforme, com crescimento, da distribuição da precipitação média anual decorreu, desde o início do período de observação (1931/32 na bacia do Sado e 1909/10 na bacia do Tejo), até ao ano hidrológico de 1949/50, mostrando valores de precipitação média anual de 555 mm na bacia do Sado e 550 mm na bacia do Tejo. A este sucedeu um acentuado aumento (642 mm na bacia do Sado e 678 mm na bacia do Tejo) que se prolongou até 1995, configurando uma época hidrológicamente próspera. O terceiro período, de 1995/96 a 2016/17, mostra um claro decréscimo na precipitação em ambas as bacias. (521 mm na bacia do Sado e 519 mm na bacia do Tejo) indicando uma tendência de escassez hidrológica caracterizada pela instabilidade climática, como mostram as fortes variações nos volumes de precipitação, que reduzem a disponibilidade hídrica e a confiança dos agricultores.

### Produtividade no cultivo do arroz nas bacias do Sado e Tejo

Para estudar a produtividade do arroz foram seleccionados os canteiros Portocarro (13,5 ha) na bacia do Sado e o canteiro Saragoça (47,54 ha) na bacia do Tejo. Os resultados obtidos foram depois confrontados com os registos das estações meteorológicas mais próximas (Figs. 8 e 9).



**Figura 8.** Produtividade de arroz no canteiro Portocarro, bacia do Sado, no período compreendido de 2007 a 2017, e distribuição da precipitação média anual na estação meteorológica da Comporta.



**Figura 9.** Produtividade de arroz no canteiro Saragoça, bacia do Tejo, no período compreendido de 2008 a 2017, e distribuição da precipitação média anual na estação meteorológica de Vila Franca de Xira.

A produtividade no canteiro Portocarro exhibe fortes flutuações, bem como, a precipitação anual. Porém estas podem resultar de outros factores como, por exemplo, da variedade cultivada e das práticas agrícolas, factores técnicos e agrónómicos não abordados no estudo. Pelas mesmas razões no canteiro Saragoça não existe correlação entre a produtividade e a precipitação. Neste a produtividade é relativamente constante apesar das variações da precipitação.

Medidas preventivas e de adaptação, em cenário de alterações climáticas, podem e devem ser tomadas para reduzir os seus efeitos como, por exemplo, alteração da data de plantação e das sequências agrícolas, optimização na gestão de recursos hídricos e na aplicação de fertilizantes. A produção de arroz foi fortemente condicionada na bacia do Sado na campanha de 2017 devido à escassez de precipitação, enquanto que, para a campanha de 2018 a produção de arroz e outras culturas de Primavera ficaram aquém no planeamento necessário.

É sabido que a instabilidade climática pode aumentar a incerteza no planeamento, resultando num decréscimo de rendimento para agricultores e empresários. Uma vez que a orizicultura é uma cultura de regadio, a escassez de água pode ameaçar fortemente a produção em ambas as bacias. A falta de informação no que diz respeito às produtividades num período mais extenso e a ausência de dados complementares, tais como as variedades utilizadas ou a temperatura, poderiam fornecer uma abordagem mais exaustiva sobre os factores que mais intervêm no processo.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo da precipitação média anual ao longo das séries de registos providenciam informação importante acerca da incerteza e instabilidade climática. Um clima cada vez menos previsível, em especial em períodos secos, transmite insegurança hídrica aos agricultores, afecta o



planeamento e a produtividade das culturas. A distribuição da precipitação média anual no período compreendido entre 1909/10 na bacia do Tejo e 1931/32 na bacia do Sado mostrou intervalos de tempo com tendência de aumento, acentuado (1949/50) ou moderado (de 1950/51 a 1994/95), da intensidade da precipitação, contrastando com outros com evidente tendência de decréscimo (de 1995/96 a 2016/17). A gestão dos recursos hídricos, no curto e médio prazo, pode fornecer uma solução viável para o uso sustentável da água, sem comprometer opções agrícolas e respectivas produtividades. Medidas preventivas e de adaptação, tais como, correcta selecção de culturas e genótipos mais resilientes podem ser uma das vias para enfrentar longos períodos de défice hídrico.

## 5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho enquadra-se no âmbito da bolsa de investigação SFRH/BD/121892/2016 financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e no projecto de investigação UID/GEO/04035/2013 financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia do GeoBioTec, grupo DCT, FCT-NOVA

Os técnicos Pedro Marques da APARROZ e João Alegria da Orivárzea providenciaram os dados de produtividade nos canteiros estudados.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Füssel, H., Jol, A., Kurnik, B., & Hemming, D. (2012). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012: an indicator-based report. EEA Report.

Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., & Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2973–2989.

Korres, N. E., Norsworthy, J. K., Burgos, N. R., & Oosterhuis, D. M. (2017). Temperature and drought impacts on rice production: An agronomic perspective regarding short- and long-term adaptation measures. *Water Resources and Rural Development*, 9, 12–27.