

# Avaliação agronómica e ecotoxicológica de solos do Alentejo em parcelas regadas de girassol

## Agronomic and ecotoxicological assessment of Alentejo soils in irrigated sunflower plots

Adriana Catarino<sup>1,2,\*</sup>, Inês Martins<sup>1</sup>, Clarisse Mourinha<sup>1</sup>, Alexandra Tomaz<sup>1,3</sup>, José Dôres<sup>1</sup>, Manuel Patanita<sup>1,3</sup> & Patrícia Palma<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Beja, R. Pedro Soares S/N, 7800-295 Beja, Portugal

<sup>2</sup> Instituto de Ciências da Terra (ICT), Universidade de Évora, 7000-671 Évora, Portugal

<sup>3</sup> Universidade Nova de Lisboa, GeoBioTec, Campus da Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

(\*E-mail: [adriana.catarino@ipbeja.pt](mailto:adriana.catarino@ipbeja.pt))

<https://doi.org/10.19084/rca.28495>

### RESUMO

O desenvolvimento do regadio no Sul de Portugal tem acarretado benefícios positivos, permitindo a diversificação das culturas, a expansão e intensificação agrícola, e a melhoria económica da região. No entanto, esta mudança do uso do solo terra tem sido acompanhada pela intensificação de utilização de fatores de produção. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de solos de duas parcelas de girassol regado (Girassol 1 (GR1) e Girassol 2 (GR2)), pertencentes à área do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) através de parâmetros agronómicos, ecotoxicológicos e análise de pesticidas. As amostras de solos foram recolhidas em duas fases distintas do ciclo vegetativo da planta, no período de março/abril (T1) e setembro/outubro (T2) de 2018. A análise dos resultados permitiu concluir que os solos apresentam pH ligeiramente alcalinos, com baixo teor de matéria orgânica e concentrações elevadas de macronutrientes. Os quantitativos de pesticidas foram superiores na parcela do GR2, amostras que promoveram uma maior toxicidade aos organismos-teste utilizados, nomeadamente no final do ciclo vegetativo. Os resultados evidenciam a importância de abordagens integradoras na avaliação da qualidade de solos agrícolas, o que permite o incremento da sustentabilidade agroambiental e uma melhoria na análise da saúde dos solos.

**Palavras-chave:** Alqueva, *D. magna*, *P. subcapitata*, *V. fisheri*.

### ABSTRACT

The development of irrigation in the south of Portugal has brought positive benefits, allowing crop diversification, agricultural expansion and intensification, and economic improvement in the region. However, this change in land use has been accompanied by an intensification of the use of production factors. Thus, the objective of this work was to evaluate the soil quality of two irrigated sunflower plots ((Girassol 1 (GR1) and Girassol 2 (GR2)), belonging to the area of the Alqueva Multipurpose Development (EFMA) through agronomic, ecotoxicological parameters and pesticide analysis. Soil samples were collected in two distinct phases of the plant's vegetative cycle, in the period of March/April (T1) and September/October (T2) of 2018. The analysis of the results allowed to conclude that the soils present slightly alkaline pH, with low content of organic matter and high concentrations of macronutrients. The amounts of pesticides were higher in the GR2 plot, samples that promoted greater toxicity to the test organisms used, namely at the end of the vegetative cycle. The results show the importance of integrative approaches in assessing the quality of agricultural soils, which allows for an increase in agro-environmental sustainability and an improvement in the analysis of soil health.

**Keywords:** Alqueva, *D. magna*, *P. subcapitata*, *V. fisheri*.

## INTRODUÇÃO

A construção do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA), na região do Alentejo (Sul Portugal), possibilitou o aumento da área regada e a intensificação das culturas de regadio, alterando práticas agrícolas, e promovendo o aumento das áreas de culturas como o olival, o amendoal e a vinha. O desenvolvimento do regadio nesta região tem sido visto na perspectiva dos benefícios que presta, permitindo a diversificação das culturas, a expansão e intensificação agrícola, e a melhoria da economia da região. Esta mudança do uso do solo foi acompanhada pela intensificação de utilização de fatores de produção.

Esta nova realidade do sector agrícola no Alentejo, torna a avaliação da qualidade dos solos, um processo imprescindível para a sustentabilidade do agroecossistema agrário. O desenvolvimento de abordagens de avaliação, integradoras de linhas de evidência química e biológica possibilita uma melhor análise da saúde dos solos agrícolas, permitindo uma gestão mais direccionada e específica. A linha de evidência química para além dos parâmetros agronómicos deve contemplar a análise de substâncias potencialmente tóxicas para o ecossistema como pesticidas e metais. A linha de evidência biológica pode ser desenvolvida com recurso a parâmetros ecotoxicológicos permitindo analisar o efeito das práticas agrícolas em organismos de vários níveis tróficos (Martins *et al.*, 2021).

Assim, o objetivo deste trabalho foi a utilização de uma abordagem integradora (linha de evidência química e biológica) na avaliação de qualidade de solos de parcelas de girassol regado na zona de influência do EFMA.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local de estudo

O estudo foi desenvolvido no subsistema Ardila, aproveitamento hidroagrícola Brinches-Enxóe (EFMA), em 2 explorações monitorizadas no âmbito do GO FitoFarmGest, regadas por *center-pivot*, com áreas cultivadas de 14 ha e 15 ha. As amostras de solos foram recolhidas em duas fases distintas do ciclo vegetativo da planta, no período de março/abril (T1) e setembro/outubro (T2) de 2018.

No que diz respeito aos solos analisados estes são predominantemente cambissolos calcários e vertissolos crómicos, no caso da parcela do GR1 e vertissolos pélicos e calcários no caso do GR2 (Tomaz *et al.*, 2021).

**Quadro 1** - Itinerário técnico da cultura de girassol (GR1, GR2)

	Girassol 1	Girassol 2
Sementeira	18-04-2018	27-04-2018
Fertilização	Fundo <u>abril</u> : 20-17-0 (200 kg/ha) Cobertura maio: 3L/ha de 10%N e 2L/ha de 11%B; <u>julho</u> : 2 aplicações (170 L/ha e 120 L/ha) de 27% N; 8%P e 5%S	Fundo <u>abril</u> : 10-20-6 (200 kg/ha) Cobertura <u>maio</u> : 2 aplicações (150 L/ha cada) de 27 %N e 5%S <u>maio</u> : aplicação foliar Boro (1L/ha)
Monda e tratamento inseticida	abril: pendimetalina (4L/ha) e Deltametri-na (0,125 L/ha)	abril: Pendimetalina (4L/ha)
Dotação de rega (m <sup>3</sup> /ha)	2517	4606
Colheita	27-08-2018 (3470 kg/ha)	18-09-2018 (4156 kg/ha)

### Metodologia

Realizou-se a recolha de amostras compostas de solo por cada 5 ha, que foram obtidas a partir da mistura de sub-amostras recolhidas em pontos marcados aleatoriamente, em zig-zague (Varenes, 2003).

Após recolha dos solos estes foram secos ao ar e, posteriormente crivados com malha de 2mm. Os parâmetros agronómicos foram analisados na fração fina após crivagem. Para a análise dos pesticidas, os solos foram congelados e posteriormente liofilizados. Os ensaios ecotoxicológicos foram determinados nos eluatos dos solos: 50 g de solo com 500 ml de água ultra-pura a agitar durante 24h. Após o tempo de agitação a mistura é filtrada e o eluato armazenado a -18°C até realização dos ensaios.

Os parâmetros agronómicos determinados foram: pH, condutividade elétrica (CE; H<sub>2</sub>O, 1:2 m/v); matéria orgânica (MO; %; Walkley-Black) e fósforo extraível (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg; Egner-Rhiem).

Foram pesquisados 44 pesticidas, pertencentes a vários grupos segundo o protocolo descrito por Köck-Schulmeyer *et al.* (2013).

A avaliação ecotoxicológica foi desenvolvida com o intuito de analisar a função de retenção do solo, permitindo compreender os efeitos da fração bio-disponível sobre os ecossistemas, e o seu potencial impacto em águas superficiais e subterrâneas:

(i) Inibição da bioluminescência com a bactéria *V. fischeri* (ISO 11348-2:1998);

(ii) Ensaio de inibição do crescimento com a microalga *P. subcapitata* (ISO 8692:2012);

(iii) Ensaio de alimentação com o crustáceo *D. magna*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH dos solos é ligeiramente alcalino (GR1: 8,4-8,3; GR2: 8,3-7,9), característicos de solos calcários (Quadro 2), com baixos teores de MO, e valores de CE, que permitiram classificar estes solos como não salinos (<400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; segundo Varennes, 2003). No que respeita aos macronutrientes os solos são naturalmente pobres em fósforo disponível para as plantas, o que é revertido com a frequente adubação das culturas. Os solos apresentaram concentrações altas a muito altas destes macronutrientes em ambas as parcelas (GR1: 249-221 mg/kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; GR2: 125-144 mg/kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (INIAP, 2006). A CE e o fósforo extraível assimilável ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) são aqueles que apresentam maiores variações entre as

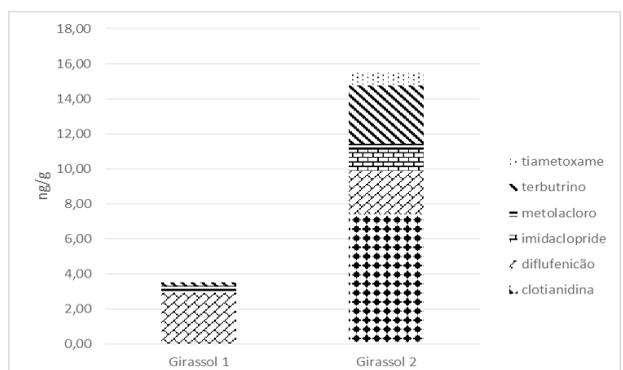
duas parcelas de girassol, não ocorrendo diferenças significativas entre T1 e T2.

Dos 44 pesticidas analisados 6 foram quantificados nos solos das parcelas de girassol (GR1: 3; GR2: 6; Figura 1). O nº e concentração total de pesticidas foi superior no GR2, destacando-se a presença de clotianidina um inseticida (neonicotinóide de 2ª geração) (7,39 ng/g) e de terbutrina um herbicida (triazina) (3,33 ng/g), ambos já não utilizados em Portugal (terbutrina desde dezembro 2003; clotianidina desde dezembro 2018; dados da DGV - 2020).

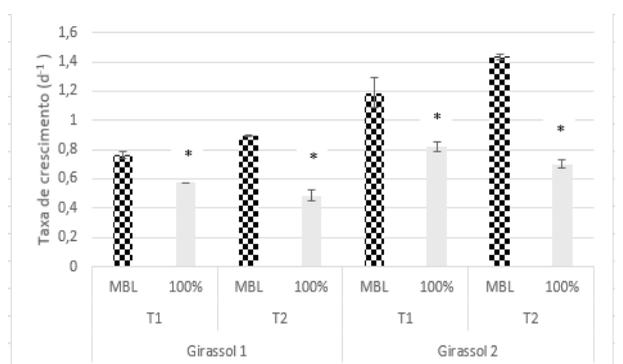
Os resultados ecotoxicológicos com a microalga verde *P. subcapitata* evidenciaram que todas as amostras induziram um decréscimo de crescimento, sendo este mais acentuado em T2 (Figura 2). Estes resultados podem estar correlacionados com os quantitativos de herbicidas quantificados em cada parcela.

**Quadro 2** - Parâmetros agronômicos das parcelas em estudo. Os valores apresentados são a média das amostras compostas recolhidas em cada parcela (média  $\pm$  desvio padrão; n=3)

		pH	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	%MO	P (mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{kg MS}$ )
GR1	T1	8,4 $\pm$ 0,01	158,2 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 0,1	248,6 $\pm$ 7,8
	T2	8,3 $\pm$ 0,02	129,8 $\pm$ 1,4	1,3 $\pm$ 0,1	221,3 $\pm$ 5,9
GR2	T1	8,3 $\pm$ 0,02	351,3 $\pm$ 1,3	1,2 $\pm$ 0,1	124,5 $\pm$ 6,8
	T2	7,9 $\pm$ 0,01	353,6 $\pm$ 0,7	2,0 $\pm$ 0,1	143,6 $\pm$ 7,7

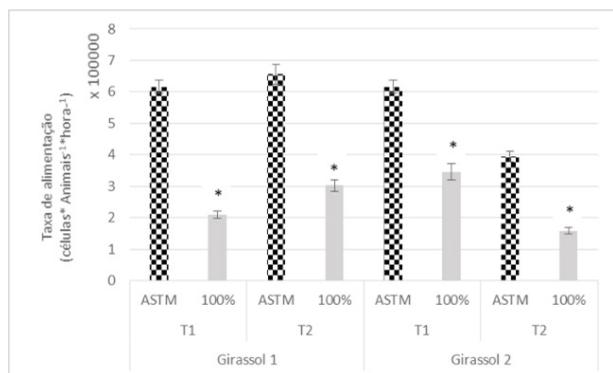


**Figura 1** - Concentração de pesticidas presentes nos solos das parcelas GR1 e GR2 (ng/g).



**Figura 2** - Taxa de crescimento ( $\text{d}^{-1}$ ) da *P. subcapitata* nas amostras de GR1 e GR2 em T1 e T2 (média  $\pm$  desvio padrão; n=6); \*  $p < 0,05$  teste de Dunn.

O ensaio com *D. magna* evidenciou uma inibição significativa da alimentação do crustáceo quando exposto às amostras de ambas as parcelas (Figura 3). Esta inibição foi mais acentuada no final do ciclo vegetativo da planta (T2).



**Figura 3** - Taxa de alimentação da *D. magna* (células<sup>-1</sup>\*animais<sup>-1</sup>\*hora<sup>-1</sup>) nas amostras de GR1 e GR2 em T1 e T2 (média ± desvio padrão; n=3); \* p<0,05 teste de Dunn.

## CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu integrar a linha de evidência química e biológica (avaliação ecotoxicológica), na avaliação da qualidade de solo agrícola, como forma de contribuir para uma abordagem mais integrada, permitindo uma melhoria das ações de gestão no âmbito da sustentabilidade dos

agroecossistemas. Os resultados agronômicos evidenciaram os valores de pH de solo ligeiramente desajustados às necessidades da cultura de girassol que tem como pH favorável para o seu desenvolvimento 6,0 e 7,5. Os baixos teores de MO podem promover o aumento da fertilização mineral, com o intuito da compensação do azoto no solo. Os resultados do fósforo extraível indicam adubação superior às necessidades da cultura, mais evidente em GR1. A avaliação de pesticidas no solo indicou a presença de substâncias com toxicidade elevada e que deixaram de ser utilizadas, em Portugal, há mais de 4 anos.

A avaliação ecotoxicológica mostrou que se devem utilizar parâmetros subletais na avaliação de solos agrícolas. Os resultados indicaram que a função retenção dos solos pode estar comprometida a médio-longo prazo, o que pode levar a um decréscimo de biodiversidade.

## AGRADECIMENTOS

O estudo é co-financiado através do projeto Instituto da Ciências da Terra (ICT; UIDB/04683/2020) com a referência POCI-01-0145-FEDER-007690, do projeto GeoBioTec (UIDB/04035/2020) e pelo Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural através do Grupo Operacional FitoFarmGest (PDR2020-101-030926).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INIAP (2006) - *Manual de Fertilização das Culturas*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas) - Laboratório químico Agrícola Rebelo da Silva. ISBN-13: 978-989-95131-0-5.
- Köck-Schulmeyer, M.; Olmos, M.; López, M. & Barceló, D. (2013) - Development of a multiresidue method for analysis of pesticides in sediments based on isotope dilution and liquid chromatography electrospray-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, vol. 1305, p. 176–187. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.07.036>
- Martins, I.; Catarino, A.; Mourinha, C.; Alvarenga, P.; Dores, J.; Patanita, M.; Tomaz, A. & Palma, P. (2021) - Avaliação de risco ecotoxicológico de pesticidas em solos agrícolas na zona de influência do Alqueva. *In: Congresso Ibérico "Solo e Desenvolvimento Sustentável: Desafios e Soluções"*. 17 a 18 junho. Porto.
- Tomaz, A.; Costa, M.J.; Coutinho, J.; Coutinho, J.; Dôres, J.; Catarino, A.; Martins, I.; Mourinha, C.; Guerreiro, I.; Pereira, M.M.; Fabião, M.; Boteta, L.; Patanita, M. & Palma, P. (2021) - Applying risk indices to assess and manage soil salinization and sodification in crop fields within a mediterranean hydro-agricultural area. *Water*, vol. 13, n. 21, art. 1370. <https://doi.org/10.3390/w13213070>
- Varenes, A. (2003) - *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Lisboa: Escolar Editora.