

# Estudo do efeito da interação entre duas espécies de *Pseudomonas* e *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* na nutrição de fósforo em *Eucalyptus globulus* Labill.

## Effect of the interaction between two *Pseudomonas* species and *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* in phosphorous nutrition in *Eucalyptus globulus* Labill.

Paula Alvarenga<sup>1,\*</sup>, Glória Esquível<sup>1</sup>, Henrique Ribeiro<sup>1</sup>, Madalena Pereira<sup>1</sup>, Eloïse Fleurot<sup>1</sup>, Margarida Braguês<sup>1</sup> & Amaia Nogales<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Institute of Agrifood Research and Technology. Sustainable Plant Protection, Centre de Cabrils, Ctra. Cabrils km. 2, E-08348 Cabrils, Barcelona, Spain

(\*E-mail: palvarenga@isa.ulisboa.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.33378>

Recebido/received: 2023.07.31

Aceite/accepted: 2023.10.16

### RESUMO

O eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) ocupa uma extensa área da exploração florestal em Portugal, sendo utilizado, principalmente, na indústria da produção de pasta e papel. De entre os desafios que a sua exploração enfrenta, contam-se os da necessidade de reduzir o uso de fertilizantes minerais, sem perda de produtividade, e preservando a fertilidade e a biodiversidade do solo. Sendo conhecidos os benefícios para o setor agrícola do uso de biofertilizantes, há interesse em avaliar o seu uso no setor florestal. Neste âmbito, foi estabelecido um ensaio com inóculos comerciais, um contendo um fungo formador de micorrizas arbusculares, *Glomus iranicum*, e outro baseado em bactérias solubilizadoras de fósforo inorgânico, *Pseudomonas putida* e *P. fluorescens*, individualmente e em conjunto, sendo avaliado o seu efeito no crescimento e fisiologia do eucalipto, em condições de adubação diferenciada de fósforo (100, 70 e 40% da adubação de referência para esse tipo de solo). Dez semanas de crescimento após transplante, observou-se um efeito significativo da inoculação bacteriana no índice relativo de clorofila ( $p < 0,05$ ), sendo as plantas inoculadas com bactérias as que apresentaram maiores valores para esse parâmetro, enquanto a inoculação com fungos teve um efeito significativo no número de folhas nas plantas ( $p < 0,05$ ), sendo as plantas micorrizadas as que apresentaram um menor número de folhas. Estes resultados preliminares são promissores, mas o estudo prossegue, de modo a avaliar o comportamento do eucalipto em situações de necessidades crescentes de fósforo.

**Palavras-chave:** fungos micorrízicos arbusculares (AMF), bactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPB), eucalipto, fósforo, biofertilizantes.

### ABSTRACT

*Eucalyptus* (*Eucalyptus globulus* Labill.) occupies an extensive area of forest in Portugal, being used mainly in the pulp and paper industry. Among the challenges faced by its production, is the need to reduce the use of mineral fertilizers, without loss of productivity, and preserving soil fertility and biodiversity. As the benefits of using biofertilizers for the agricultural sector are known, there is interest in evaluating their use in the forestry sector. Within this scope, an experiment was established with commercial inoculants, one containing the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus iranicum*, and another based on inorganic phosphorus-solubilizing bacteria, *Pseudomonas putida* and *P. fluorescens*, individually and in combination. Their effect on growth and physiology of eucalyptus, under conditions of differentiated phosphorus fertilization (100, 70 and 40% of the reference fertilization for this type of soil) was evaluated. Ten weeks of growth after transplantation, there was a significant effect of bacterial inoculation on the relative chlorophyll index ( $p < 0.05$ ), with the plants inoculated with bacteria having the highest values for this parameter, while inoculation with fungi had significant effect in the number of leaves on the plants ( $p < 0.05$ ), with the mycorrhizal plants having the lower number of leaves. These preliminary results are promising, but the study continues, in order to evaluate the behavior of eucalyptus in situations of increasing phosphorus needs.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), plant growth promoting bacteria (PGPB), eucalyptus, phosphorous, biofertilizers.

## INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (AMF) e as bactérias promotoras do crescimento vegetal (PGPB) são microrganismos que habitam quase todos os solos, inclusive os solos florestais e de agroecossistemas. Formam simbioses mutualistas com as raízes das plantas, ajudando-as a aumentar a absorção de nutrientes e água, o crescimento e a tolerância ao stress por meio de vários mecanismos, diretos e indiretos (Smith & Read, 2008; Backer *et al.*, 2018). Por isso mesmo, algumas espécies com efeito cientificamente demonstrado encontram-se comercializadas como biofertilizantes (Backer *et al.*, 2018; Ribeiro, 2021), e a legislação sobre matérias fertilizantes integra o seu uso, deixando bem claro o tipo de produtos que pode ser classificado como um biofertilizante, devendo ser “um produto cujo princípio ativo são microrganismos vivos, (...) que favorecem a nutrição e, ou, o desenvolvimento das plantas, sem afetar a diversidade biológica do solo e do ambiente” (Decreto-Lei No. 30/2022 e Portaria n.º 185/2022). Existe, de facto, uma diversidade de microrganismos que pode ser utilizada, sendo que a legislação referida já contempla produtos com: (i) bactérias fixadoras de azoto, (ii) bactérias solubilizadoras de fósforo, e (iii) fungos micorrízicos (Portaria n.º 185/2022).

O eucalipto é uma árvore amplamente instalada em Portugal, principalmente a espécie *Eucalyptus globulus* Labill., utilizada principalmente para produção de madeira para a indústria da produção de pasta e papel (Reboredo & Pais, 2014; Malico & Gonçalves, 2021). Os povoamentos de eucaliptos são conduzidos em regime de talhadia (com rotações de 10-12 anos), ocupando, atualmente, mais de 844 mil hectares no continente, com rendimentos anuais de madeira que variam entre 6 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, dependendo das condições edafoclimáticas locais (ICNF, 2015; Reboredo *et al.*, 2021). De acordo com o 6º Inventário Florestal Nacional (ICNF, 2015), a zona ocupada por eucaliptais representa cerca de 26% da floresta continental, o que corresponde a um incremento sistemático da área ocupada ao longo dos últimos 50 anos.

Embora, no setor agrícola, o uso de biofertilizantes já seja comum, no setor florestal isso ainda não se verifica. Porém, os desafios que o setor florestal encontra, em particular o da produção de eucalipto,

são semelhantes aos da agricultura: reduzir o uso de fertilizantes e fitofarmacêuticos de síntese, preservar a fertilidade e a biodiversidade do solo, aumentar a produtividade, e reduzir o stress biótico e abiótico a que os eucaliptos estão sujeitos. Nesse sentido, há todo o interesse em avaliar os contributos que a introdução dos biofertilizantes podem trazer ao setor florestal nacional, e foi com esse enquadramento que foi criado o projeto “Bioma Solo: melhorar a relação solo-planta”, financiado pelo IAPMEI/PRR. Num dos seus objetivos, este projeto pretende avaliar a utilização de biofertilizantes comerciais, fornecidos pela Hubel® Verde: um baseado em fungos micorrízicos (*Glomus iranicum*) e outro em bactérias solubilizadoras do fósforo (P) do género *Pseudomonas*, de forma individual e conjunta, na redução do uso de fertilizantes minerais no setor florestal. Por hipótese, a inoculação conjunta destes organismos potenciará os seus efeitos benéficos para a planta, neste caso, o *E. globulus*, permitindo uma redução da adubação mineral de P, sem perda de produtividade em biomassa e sem registo de impacto negativo nos seus parâmetros fisiológicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Caraterísticas do solo e materiais biológicos*

Foi selecionado um solo pobre em P (<10 mg kg<sup>-1</sup>, em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> extraível, Egner-Rhiem), recolhido na região de Pegões (Concelho do Montijo; 38°39'22,9"N 8°35'37,3"W). Trata-se de um solo pouco ácido (pH=5,7; razão solo:água 1:2,5 m/v), não salino (condutividade elétrica = 0,02 mS cm<sup>-1</sup>; razão solo:água 1:2 m/v), com baixo teor em matéria orgânica (0,28%, m/m), e baixo teor noutros nutrientes, e.g., potássio (19 mg kg<sup>-1</sup>, em K<sub>2</sub>O extraível, Egner-Rhiem).

Relativamente aos biofertilizantes comerciais, foi utilizado um inóculo biológico à base de um fungo micorrízico (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*; MycoUp®, Symborg), formulado num substrato mineral argiloso, com 1,2x10<sup>4</sup> propágulos/100 mL. Foi feita uma aplicação “à plantação”, preparando uma suspensão em água, e aplicando um volume de suspensão calculado de modo a fornecer 2 g de inóculo por planta/vaso.

Foi também utilizado um inóculo comercial à base de bactérias solubilizadoras de P (*Pseudomonas putida* 10<sup>8</sup> u.f.c./mL e *Pseudomonas fluorescens* 10<sup>8</sup> u.f.c./mL; u.f.c.: unidades formadoras de colônias; Nati-phos®, Native HUBEL). Foi feita uma aplicação “à planta”, com 4 mL de inóculo por planta/vaso, previamente diluído em água desionizada.

### ***Delimitação experimental***

Plantas jovens de eucalipto (com aproximadamente 36 semanas), fornecidas pelos Viveiros Aliança (clone G1202), foram mudadas para vasos de 3,5 L de capacidade, utilizando o solo referido anteriormente. Durante a muda, que ocorreu a 16 de fevereiro de 2023, 12 plantas foram inoculadas com *G. iranicum* (Gi), 12 plantas com *P. putida* e *P. fluorescens* (Pp), e outras 12 plantas foram duplamente inoculadas, (Gi+Pp). As doses de aplicação dos inóculos foram as referidas anteriormente, tendo-se utilizado 12 plantas como controle - não inoculadas (Cont). As plantas foram colocadas a 70% da capacidade de retenção de água do solo, fornecendo metade da água no dia da inoculação, metade no dia seguinte, e mantidas com esse nível de água no solo com rega ocasional por controle do peso, em estufa, no Instituto Superior de Agronomia.

Uma semana após a muda e inoculação, as plantas foram fertilizadas com a mesma dose de N e K, e com doses diferenciadas de P (100, 70 e 40% da dose habitual de P, por via mineral, considerando as características do solo, pobre em P). Para isso, todas as plantas receberam 47,14 g de um adubo de liberação controlada (N:P:K 14:11:9), sendo essa a dose mais baixa de P que foi fornecida (40% de P; 5,2 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/planta). Nos tratamentos com doses superiores de P (70 e 100%), ela foi suplementada por aplicação de superfosfato 18% (3,9 e 7,8 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/planta, respectivamente, para o tratamento 70% e 100 %).

Decorridas 7 semanas após o início do ensaio, as plantas foram mudadas para vasos de 50 L de capacidade, utilizando o mesmo tipo de solo, e foram colocadas no exterior. A rega ocasional foi mantida, a partir daí sem controle de peso.

### ***Parâmetros fisiológicos e de crescimento da planta***

Periodicamente, foram registados vários parâmetros de desempenho da planta, relacionados com o seu crescimento: a altura, o diâmetro do caule, o número de ramos e de folhas. Foram medidas as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) a transpiração foliar (E) e a condutância estomática (gs) usando o analisador de gases por absorção de radiação infravermelha (CIRAS-3 – PP\_systems, USA). O índice relativo de clorofila foi determinado com o sensor CL-01 Chlorophyll Meter da Hansatech Instruments Ltd e o índice fotoquímico de refletância- PRI, e o índice de diferença normalizada da vegetação-NDVI (PlantPen PRI 200, PlantPEN NDVI 300) foram também registados.

### ***Tratamento estatístico dos resultados***

Os resultados foram analisados utilizando estatística descritiva (cálculo de média e desvio padrão) e submetidos a uma ANOVA a três vias, para avaliar as diferenças estatísticas entre os resultados e a interação entre as variáveis independentes testadas (*Micorriza* × *Bactéria* × dose de fertilizante fosfatado). Sempre que se observaram diferenças significativas nos resultados de um parâmetro ( $p \leq 0,05$ ), foi utilizado um Teste de Tukey HSD para evidenciar as diferenças entre as médias ( $p < 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas com o STATISTICA 7.0 (Software™ Inc., PA, EUA, 2004).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados preliminares que se apresentam foram registados 10 semanas após o início do ensaio, já com as plantas no exterior (Figura 1). De uma forma geral, não foram visíveis respostas diferenciadas no crescimento dos eucaliptos, mesmo nos tratamentos em que a adubação fosfatada foi reduzida a 40% da aplicada no controle.

A aplicação das bactérias solubilizadoras de fósforo, Pp, foi o único tratamento com um efeito significativo no índice relativo de clorofila ( $p < 0,05$ ), sendo este estatisticamente superior nas plantas inoculadas com a bactéria (Quadro 1), embora esse mesmo efeito não tivesse sido observável nos valores do índice de diferença normalizada



**Figura 1 -** (A) Panorâmica das 48 plantas utilizadas no ensaio, em vasos de 50 L, às 10 semanas de crescimento; e (B) pormenor de uma das plantas.

da vegetação – NDVI, que também são proporcionais aos teores de clorofila da planta. Outros autores encontraram efeitos benéficos da inoculação com PGPB no teor de clorofila de plantas (Efthimiadou *et al.*, 2020). Por outro lado, a inoculação com AMF teve um efeito significativo no número de folhas nas plantas ( $p < 0,05$ ) (Quadro 1), sendo as plantas inoculadas com fungo AMF, com e sem bactérias, as que apresentaram, tendencialmente, um menor número de folhas por planta (Quadro 1). Embora os resultados, entre si, não tenham apresentado diferenças significativas (teste de Tukey,  $p > 0,05$ ), esta tendência evidenciada pela análise de variância pode ser explicada pelo facto de a simbiose com AMF ter um custo de carbono para a planta, necessário para a manutenção das estruturas micorrízicas, principalmente nas fases iniciais do estabelecimento da simbiose (Mortimer *et al.*, 2005). No entanto, quando a simbiose fica operativa, esta redução no crescimento é compensada, observando-se um aumento do crescimento das plantas micorrizadas (Manga *et al.*, 2022).

Não se verificou nenhum tipo de interação entre os tratamentos (Gi, Pp e dose de fertilizante fosfatado) nas variáveis observadas (índice relativo de clorofila e número de folhas), pelo menos não no tempo de duração do ensaio, nem diferenças significativas entre as médias registadas nesta fase do crescimento (10 semanas; teste de Tukey,  $p > 0,05$ ).

**Quadro 1 -** Resultados obtidos para o número de folhas, índice relativo de clorofila e índice de diferença normalizada da vegetação (NDVI) para os diferentes tratamentos de inoculação e fertilização de fósforo (média  $\pm$  desvio padrão,  $n = 4$ ) e para os valores-p do teste ANOVA fatorial para os efeitos dos fatores “Micorriza” “Bactérias” e “Fertilização” e as suas interações em plantas de eucalipto, 10 semanas após a inoculação e transplante em vaso (\*: significativo a  $p < 0,05$ ). Gi: *G. iranicum*; Pp: *Pseudomonas*; n.s.: não significativo

Inoculação	Fertilização	Número de folhas	Índice relativo de clorofila	NDVI
Não inoculado	100%P	29 $\pm$ 1,4	27,7 $\pm$ 2,70	0,490 $\pm$ 0,012
	70%P	30 $\pm$ 2,4	24,2 $\pm$ 0,92	0,490 $\pm$ 0,020
	40%P	30 $\pm$ 4,3	23,4 $\pm$ 3,79	0,479 $\pm$ 0,036
Gi	100%P	28 $\pm$ 3,4	27,3 $\pm$ 1,66	0,489 $\pm$ 0,018
	70%P	30 $\pm$ 2,9	26,3 $\pm$ 3,27	0,485 $\pm$ 0,025
	40%P	27 $\pm$ 7,9	27,7 $\pm$ 5,22	0,491 $\pm$ 0,021
Pp	100%P	31 $\pm$ 1,0	27,1 $\pm$ 4,00	0,473 $\pm$ 0,044
	70%P	32 $\pm$ 1,8	28,8 $\pm$ 1,51	0,485 $\pm$ 0,023
	40%P	32 $\pm$ 1,7	28,5 $\pm$ 2,50	0,480 $\pm$ 0,035
Gi + Pp	100%P	28 $\pm$ 1,6	29,9 $\pm$ 4,93	0,490 $\pm$ 0,019
	70%P	27 $\pm$ 2,6	30,1 $\pm$ 2,78	0,506 $\pm$ 0,017
	40%P	30 $\pm$ 1,3	26,5 $\pm$ 1,03	0,477 $\pm$ 0,023
Micorriza		*	ns	ns
Bactérias		ns	*	ns
Fertilizante		ns	ns	ns
Micorriza*Bactérias		ns	ns	ns
Micorriza*Fertilizante		ns	ns	ns
Bactérias*Fertilizante		ns	ns	ns
Micorriza*Bactérias*Fertilizante		ns	ns	ns

No entanto, uma vez que a absorção de P por parte da planta continuará, não se pode ainda descartar a hipótese de, em fases mais avançadas do ensaio, o efeito da fertilização ser mais evidente, especialmente nos tratamentos com as doses menores de P.

Situações de stress, hídrico ou outras, podem levar a uma diminuição nos valores da condutância estomática (gs) e, de uma forma geral, nas trocas gasosas na planta, avaliadas também através da medição da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) e transpiração foliar (E). Tal não se verificou no tempo de duração do ensaio (Quadro 2), na generalidade dos tratamentos, sem diferenças significativas entre tratamentos, por comparação com o controlo, não inoculado. Sabendo que estes parâmetros são indicadores de stresses ou situações de senescência a que a planta possa estar sujeita (Navarro-Torre *et al.*, 2023), a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos e doses de fertilizante, relativamente a estes parâmetros, é um bom indicador de que os eucaliptos não se encontravam em stress no tempo decorrido após o início do ensaio. Há a registar, no caso da condutância estomática, uma interação significativa entre os tratamentos (Gi, Pp e dose de fertilizante fosfatado; p<0,05), o que indica que os parâmetros se influenciam mutuamente (Quadro 2). No intervalo de tempo que durou o ensaio, a aplicação conjunta de bactérias e fungos micorrízicos permitiu um aumento das trocas gasosas na planta, mesmo com doses reduzidas de adubação fosfatada, o que não se verificou nas situações de inoculação simples.

No final de primeiro ano de crescimento, será realizado um controle da colonização micorrízica, essencial para que se possa aferir se a aplicação de inóculo de *G. iranicum* foi eficaz para o estabelecimento de uma simbiose com as raízes do eucalipto, e serão também realizadas análises físico-químicas e bioquímicas ao solo e à planta.

## CONCLUSÕES

Os inoculantes avaliados são promissores, uma vez que, em apenas 10 semanas de crescimento, já se verificaram efeitos significativos dos microrganismos utilizados no crescimento (número de folhas) do eucalipto e no índice de clorofila. Os próximos meses de crescimento serão essenciais para

**Quadro 2** - Resultados obtidos para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), a transpiração foliar (E) e a condutância estomática (gs), para os diferentes tratamentos de inoculação e fertilização de fósforo (média ± desvio padrão, n = 4) e para os valores-p do teste ANOVA fatorial para os efeitos dos fatores “Micorriza” “Bactérias” e “Fertilização” e as suas interações em plantas de eucalipto, 10 semanas após a inoculação e transplante em vaso (\*: significativo a p <0.05). Gi: *G. iranicum*; Pp: *Pseudomonas*; n.s.: não significativo

Inoculação	Fertilização	Taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (µmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Transpiração foliar (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Condutância estomática (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
Não inoculado	100%P	14,9 ± 4,8	6,1 ± 2,1	221 ± 67
	70%P	21,5 ± 3,2	7,3 ± 0,8	314 ± 40
	40%P	19,7 ± 3,2	6,3 ± 0,6	279 ± 30
Gi	100%P	17,5 ± 4,5	7,2 ± 0,4	302 ± 81
	70%P	18,5 ± 5,0	7,0 ± 2,6	258 ± 55
	40%P	17,8 ± 4,9	6,6 ± 1,6	256 ± 75
Pp	100%P	19,4 ± 7,1	6,8 ± 0,8	286 ± 99
	70%P	18,5 ± 7,6	6,6 ± 0,3	263 ± 62
	40%P	17,1 ± 2,4	5,3 ± 0,8	230 ± 59
Gi + Pp	100%P	15,8 ± 3,3	5,9 ± 0,8	218 ± 44
	70%P	18,5 ± 2,2	5,8 ± 0,6	269 ± 35
	40%P	20,3 ± 1,3	6,3 ± 1,0	284 ± 54
Micorriza		ns	ns	ns
Bactérias		ns	ns	ns
Fertilizante		ns	ns	ns
Micorriza*Bactérias		ns	ns	ns
Micorriza*Fertilizante		ns	ns	ns
Bactérias*Fertilizante		ns	ns	ns
Micorriza*Bactérias*Fertilizante		ns	ns	*

validar essa avaliação, uma vez que, em situação de escassez nutricional de P, será expectável que os eucaliptos inoculados possam ter uma melhor capacidade de enfrentar essa escassez.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado no âmbito do projeto PI.2.2. - Programa “BIOMA SOLO: melhorar a relação solo-planta”, financiado por IAPMEI/PRR/Avi-so 02/C05-i01/2022 - Agendas Mobilizadoras para a Inovação Empresarial. Agradecemos o apoio dos parceiros de projeto: à Hubel Verde (Eng<sup>a</sup> Margarida Mota) pelo fornecimento dos biofertilizantes, à Viveiros Aliança (Eng<sup>a</sup> Ana Gaspar) pelo fornecimento dos clones de eucalipto, e a assessoria técnica da The Navigator Company (Eng<sup>o</sup> José Rafael).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Backer, R.; Rokem, J.S.; Ilangumaran, G.; Lamont, J.; Praslickova, D.; Ricci, E.; Subramanian, S. & Smith, D.L. (2018) - Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, art. 01473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Decreto-Lei n.º 30/2022, de 11 de abril. Estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes. *Diário da República*, 1.ª série - No.71 - 11de abril de 2022. Presidência do Conselho de Ministros. p. 2-22.
- Efthimiadou, A.; Katsenios, N.; Chanioti, S.; Giannoglou, M.; Djordjevic, N. & Katsaros, G. (2020) - Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions. *Scientific Reports*, vol. 10, art. 21060. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78034-6>
- ICNF (2015) - 6º *Inventário Florestal Nacional*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas: Lisboa, Portugal.
- Malico, I. & Gonçalves, A.C. (2021) - Eucalyptus globulus Coppices in Portugal: Influence of Site and Percentage of Residues Collected for Energy. *Sustainability*, vol. 13, n. 11, art. 5775. <https://doi.org/10.3390/su13115775>
- Manga, A.G.B.; Ndiaye, M.; Ndiaye, M.A.F.; Sané, S.; Diop, T.A.; Diatta, A.A.; Bassene, C.; Min, D.; Battaglia, M. & Harrison, M. T. (2022) - Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improve Growth and Phosphate Nutrition of *Acacia seyal* (Delile) under Saline Conditions. *Soil Systems*, vol. 6, n. 4, art. 79. <https://doi.org/10.3390/soilsystems6040079>
- Mortimer, P.E.; Archer, E., & Valentine, A. J. (2005) - Mycorrhizal C costs and nutritional benefits in developing grapevines. *Mycorrhiza*, vol. 15, p. 159-165. <https://doi.org/10.1007/s00572-004-0317-2>
- Navarro-Torre, S.; Ferrario, S.; Caperta, A.D.; Victorino, G.; Bailly, M.; Sousa, V.; Viegas, W. & Nogales, A. (2023) - Halotolerant endophytes promote grapevine regrowth after salt-induced defoliation. *Journal of Plant Interactions*, vol. 18, n. 1, art. 2215235. <https://doi.org/10.1080/17429145.2023.2215235>
- Portaria n.º 185/2022, de 21 de julho. Aprova os tipos de matérias fertilizantes não harmonizadas. *Diário da República*, 1.ª série - No.140 - 21de julho de 2022. Ministérios da Economia e Mar, Ambiente e Ação Climática e Agricultura e Alimentação. p. 5-44.
- Reboredo, F. & Pais, J. (2014) - Evolution of forest cover in Portugal: A review of the 12th–20th centuries. *Journal of Forestry Research*, vol. 25, p. 249–256. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0456-z>
- Reboredo, F.H.; Pelica, J.; Lidon, F.C.; Pessoa, M.F.; Silva, M.M.; Guerra, M.; Leitão, R.; Ramalho, J.C. (2021) - The Tolerance of *Eucalyptus globulus* to Soil Contamination with Arsenic. *Plants*, vol. 10, n. 4, art. 627. <https://doi.org/10.3390/plants10040627>
- Ribeiro, H. (2021) - Biofertilizantes. O que são e que benefícios têm para a agricultura? *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura*, vol. 145, p. 26-27.
- Smith, S.E. & Read, D.J. (2008) - *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Edition, Academic Press, London.