

# Caracterização microbiológica de solo tratado com compostos orgânicos de jacinto-de-água *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

## Microbiological characterization of soil treated with organic compounds from water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Célia Silva<sup>1</sup>, Susana Dias<sup>1,2</sup>, Verónica Oliveira<sup>1,2,\*</sup>, Edite Rodrigues<sup>1,3</sup>,  
Maria Filomena Miguens<sup>1,2</sup> & Daniela Santos<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal

<sup>2</sup> Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

<sup>3</sup> Colina Generosa, Rua Eça de Queirós, Nº 5 3000-147 Coimbra, Portugal

(\*E-mail: veronica.oliveira@ipc.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.38905>

Recebido/received: 2024.08.31

Aceite/accepted: 2024.10.25

### RESUMO

Os compostos orgânicos agrícolas são corretivos do solo resultantes da transformação microbiológica da matéria orgânica fresca, aumentando a fração estável da mesma e a reserva de nutrientes disponibilizados através da mineralização do composto, sendo esperado o aumento da biodiversidade microbiana e respetiva funcionalidade dos solos. O jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) é uma planta invasora aquática que degrada os recursos hídricos e reduz a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos. O seu controlo disponibiliza biomassa rica em nutrientes, que sendo devolvidos ao solo após a compostagem aeróbia, compensará o custo social das operações de controlo. O projeto BioComp\_2.0 pretende a valorização de subprodutos agropecuários e florestais, com o resíduo do controlo do jacinto-de-água, constituinte maioritário de cada uma das seis formulações. Foram avaliadas as características microbiológicas do solo enriquecido com os compostos orgânicos produzidos. O desempenho dos seis compostos no aumento das estirpes aeróbias, fixadoras de azoto, fungos e desnitrificantes, é comparado com o solo testemunha (sem matéria fertilizante), com um adubo orgânico e com um composto orgânico, ambos comerciais. Constatou-se ausência de patógenos e aumentos expressivos das estirpes aeróbias e desnitrificantes. No solo tratado com os compostos produzidos, os teores de microrganismos são semelhantes aos do solo com composto e adubo orgânicos comerciais.

**Palavras-chave:** Compostos orgânicos agrícolas, ensaios de eficácia agronómica, funcionalidade do solo, jacinto-de-água, microbiologia do solo.

### ABSTRACT

Agricultural organic composts are soil correctives resulting from the microbiological transformation of fresh organic matter, increasing its stable fraction and the stock of nutrients made available through the mineralization of the compost, which is expected to increase microbial biodiversity and soil functionality. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is an invasive aquatic plant that degrades water resources and reduces the biodiversity of aquatic ecosystems. Its control provides nutrient-rich biomass, which, when returned to the soil after aerobic composting, will offset the social cost of control operations. The BioComp\_2.0 project aims to add value to agricultural and forestry by-products, with the residue from water hyacinth control being the main constituent of each of the six formulations. The microbiological characteristics of the soil enriched with the organic compounds produced were evaluated. The performance of the six composts in increasing aerobic, nitrogen-fixing, fungal and denitrifying strains was compared with the control soil (without fertilizer) and soils containing a commercial organic fertilizer and or a compost. There was an absence of pathogens and significant increases in aerobic and denitrifying strains. The levels of microorganisms in the soil treated with the composts produced were like those in the soil treated with commercial compost and organic fertilizer.

**Keywords:** Agricultural organic compost, agronomic efficacy tests, soil functionality, water hyacinth, soil microbiology.

## INTRODUÇÃO

O jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) é uma planta aquática flutuante, conhecida pelo seu rápido crescimento em águas ricas em nutrientes, podendo aumentar diariamente a sua biomassa em até cerca de 2% (Tibebe *et al.*, 2022). Esta espécie é classificada como invasora em Portugal, conforme o Decreto-Lei nº 92/2019 (Presidência do Conselho de Ministros, 2019), e está presente em todo o território continental português, além da ilha da Terceira, nos Açores (Pádua *et al.*, 2022; Invasoras.pt, 2023). A União Europeia também a inclui entre as 41 espécies exóticas invasoras de maior preocupação (European Union, 2014). A proliferação global do jacinto-de-água em ecossistemas aquáticos tem causado sérios problemas. Afeta negativamente o uso da água para rega e pecuária, dificulta a navegação e atividades de lazer, e pode obstruir canais e rios, aumentando o risco de inundações (Singh e Kalamdhad, 2015). Além disso, esta invasora origina grandes massas de material em decomposição, degradando a qualidade da água e ameaçando a sobrevivência de espécies nativas. As tentativas de controlo mecânico têm-se mostrado dispendiosas e não totalmente eficazes, tanto na contenção da propagação da planta, quanto na mitigação dos impactos económicos, sociais e ecológicos associados. Isso torna o jacinto-de-água um desafio persistente para a gestão de recursos hídricos e a conservação da biodiversidade.

A compostagem é um processo de decomposição aeróbica de resíduos orgânicos, realizada por microrganismos, produzindo matéria orgânica estável, também designada por húmus (Trautmann e Krasny, 1997; Brito, 2007; Inácio e Miller, 2009). Uma abordagem promissora para mitigar os problemas causados pelo jacinto-de-água, é a sua transformação em composto orgânico para uso agrícola. Esta estratégia não só oferece uma solução para a gestão desta planta invasora, mas também proporciona um retorno económico parcial dos recursos investidos no seu controlo. Além disso, esta prática alinha-se com os princípios da Economia Circular, promovendo a sustentabilidade e o aproveitamento eficiente de recursos na região afetada.

O projeto BioComp\_2.0 surgiu com o objetivo de aliar estas evidências, dando resposta às necessidades crescentes de matérias fertilizantes orgânicas

na agricultura. Neste sentido, foram desenvolvidas seis formulações de compostos orgânicos agrícolas a partir de subprodutos agroindustriais, agropecuários e florestais disponíveis em grande quantidade na região Centro de Portugal, os quais foram misturados com o resíduo de jacinto-de-água sempre em igual ou maior proporção que os demais constituintes. O jacinto-de-água contribui essencialmente com o elevado teor de humidade e elevada concentração de nutrientes (C/N baixa), sendo que as demais matérias-primas funcionam como as matérias estruturantes (C/N elevada), proporcionando misturas com C/N equilibradas para o sucesso do processo de compostagem das respetivas misturas.

Sendo o composto agrícola um produto resultante de processos de transformação microbiológica da matéria orgânica fresca, é esperado que a sua aplicação aos solos aumente a biodiversidade microbiológica do solo, melhorando a sua funcionalidade global. De acordo com Aguilar-Paredes *et al.* (2023) tem havido muitos estudos sobre os benefícios dos compostos para a produção de plantas, mas poucos estudos sobre os benefícios para a microbiota do solo. Na revisão realizada pelos mesmos autores, é demonstrada a importância dos microrganismos envolvidos no processo de compostagem e a forma como o composto promove a manutenção e a multiplicação de consórcios microbianos benéficos, além da sua função no ecossistema de solos agrícolas, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e resiliente. Lazcano *et al.* (2021) demonstraram que os efeitos não são tão lineares como possa ser expectável. Por exemplo, poderá haver diferenças no estímulo das comunidades microbianas nitrificantes e desnitrificantes quando se compara corretivos orgânicos (fertilizantes ou compostos) pouco maturados (com elevada atividade respiratória microbiana) com corretivos estabilizados. Estes podem ser corretivos tais como os digeridos, os compostados, vermicompostados e *biochar*, os quais também estimulam os microrganismos nitrificantes e desnitrificantes, mas os efeitos na estrutura da comunidade microbiana do solo são diferentes e as emissões de N<sub>2</sub>O são comparativamente inferiores às de um corretivo fresco (mal maturado).

Os compostos orgânicos agrícolas estabilizados, após a conclusão da fase de maturação da

compostagem das misturas de resíduo de jacinto-de-água e subprodutos, foram utilizados em ensaios de eficácia agronômica, realizados em vasos cultivados com alface, correspondendo os tratamentos a diferentes níveis de fertilização. Este trabalho apresenta apenas os resultados relativos à avaliação da composição microbiológica dos solos tratados com estes compostos, em diferentes quantidades, comparados com o solo sem composto (testemunha), solo com um composto orgânico ou com um adubo orgânico comerciais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro passo para a realização das misturas a compostar consistiu na seleção das formulações obtidas pela mistura das diferentes matérias-primas, que são subprodutos em abundância na região Centro, de modo que resultassem em razões C/N e teor de humidade ótimos para o sucesso do processo de compostagem. Este processo decorreu em pilhas com dimensões de aproximadamente 16 m<sup>3</sup> (L= 3 m; A= 1,8 m; C= 6 m). Para tal foram previamente simuladas as proporções de cada material por pilha (*software Cornell Composting*, 2014) e as mesmas foram construídas por camadas, tendo sido todos os materiais pesados e cubicados.

A constituição das seis diferentes misturas é apresentada no Quadro 1, sendo que o jacinto-de-água é o constituinte que entra nas composições de cada mistura em maior percentagem.

**Quadro 1** - Composição das pilhas de compostagem (x: indica que o respetivo material foi utilizado na composição da respetiva pilha)

Materiais	M5	M6	M8	M9	M12	M15
Bagaço de azeitona	x	x	x	x	-	x
Biochar	-	-	-	x	-	-
Casca de batata	x	-	-	-	-	x
Estilha florestal	-	-	-	x	x	-
Estrume de vacas leiteiras	-	x	-	-	-	-
Jacinto-de-água	x	x	x	x	x	x
Palha de arroz	-	-	x	-	-	x
Restos de batata inteira	-	x	x	-	-	-

Finalizado o processo de compostagem e estando os compostos estabilizados pela maturação dos mesmos, realizaram-se os ensaios de eficácia agronômica, que consistiram na plantação da alface (*Lactuca sativa* L.) em vasos de aproximadamente 5 L, preenchidos com solo de fertilidade reduzida (baixos teores de MO, fósforo e potássio) e mantidos com teor de humidade equivalente a 2/3 da capacidade de campo. Os ensaios foram conduzidos em estufa e definidos cinco níveis de fertilização (0, 50, 150, 300 e 600 kg N.ha<sup>-1</sup>) para cada um dos seis compostos e dois níveis de fertilização (50 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup>) para o composto (C) e adubo (A) orgânicos comerciais. Foram utilizadas cinco repetições por tratamento, sendo que o solo testemunha tem apenas 0,75% de MO (p/p) e corresponde ao nível de fertilização nulo porque está isento de qualquer matéria fertilizante (Figura 1).



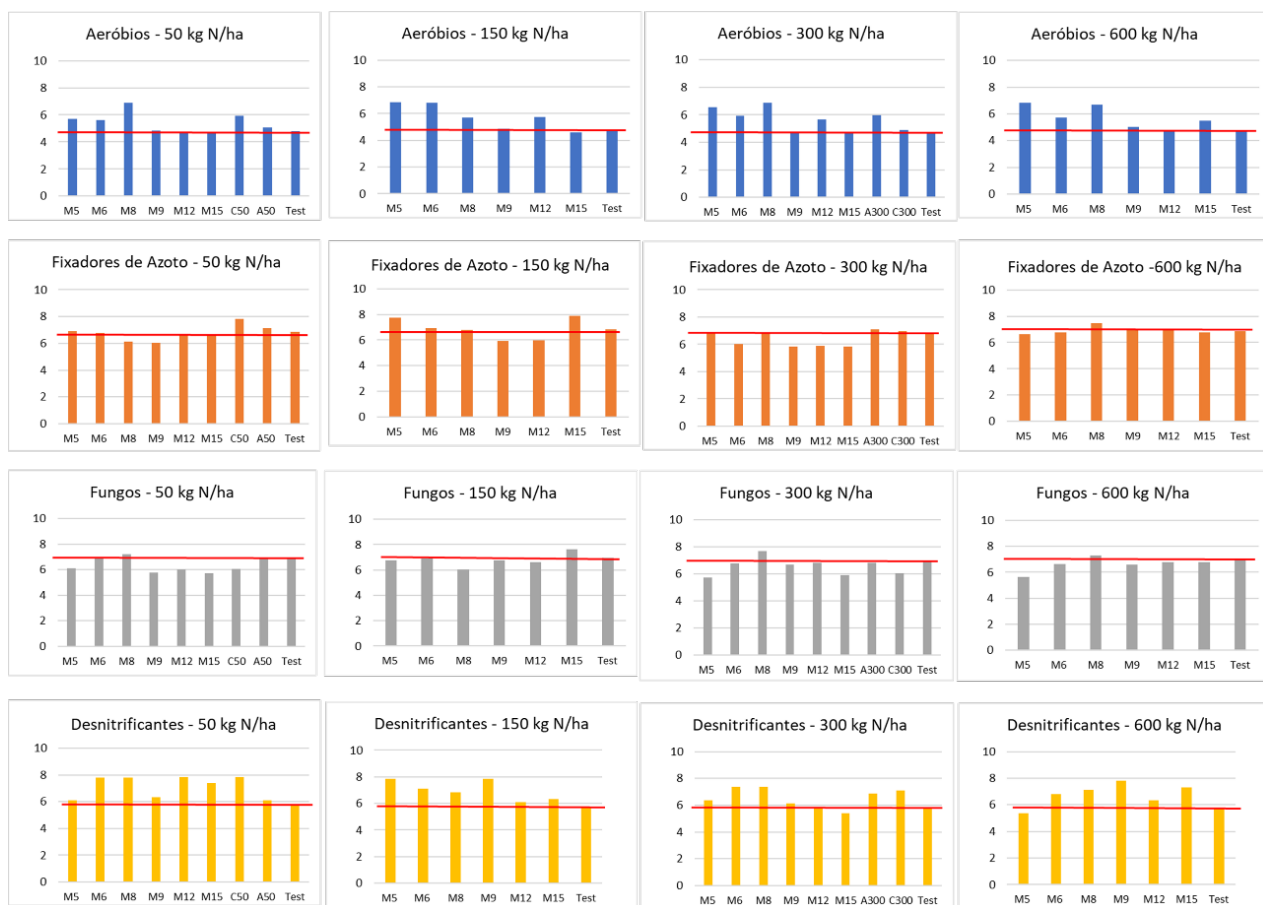
**Figura 1** - Aspeto dos ensaios em vaso: cinco níveis de fertilização (0, 50, 150, 300 e 600 kg N.ha<sup>-1</sup>) por cada composto; 50 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup> do composto e adubo orgânicos comerciais.

Concluídos os ensaios de eficácia agrônômica (após 51 dias de crescimento das alfaxes), foram retiradas de cada vaso amostras dos primeiros 10 cm de solo, tendo sido misturadas as cinco repetições por tratamento. A amostra combinada foi mantida no frio até à realização das análises microbiológicas, de acordo com o seguinte procedimento:

- 1) Inóculo: preparação do inóculo por isolamento dos microrganismos em solução salina, seguido de diluições sucessivas e inoculação em meios de cultura em placa e em triplicado por amostra de cada tratamento;
- 2) Inoculação em meios de cultura: *agar nutritivo* para crescimento de bactérias não fastidiosas (ou bactérias indiferenciadas), *agar batata dextrose*

para crescimento de fungos não diferenciados, *agar manitol* para crescimento de organismos fixadores de azoto, e *caldo de nitrato* para determinação de bactérias desnitrificantes.

Nos solos tratados com diferentes quantidades dos compostos produzidos, foram identificadas e quantificadas as populações de microrganismos mais ativos na ciclagem dos nutrientes (aeróbios totais, fixadores de azoto, fungos e desnitrificantes). Esta abordagem permite avaliar eventuais ganhos, relativamente a um solo pobre em MO, assim como comparar o desempenho dos solos, comparativamente ao mesmo solo quando tratado com um composto orgânico ou com um adubo orgânico comercial.



**Figura 2 -** Resultados das populações microbianas no solo de diferentes estirpes (aeróbios, fixadores de azoto, fungos, desnitrificantes) enriquecido com compostos (M5, M6, M8, M9, M12, M15, C50, C300, A50, A300) e em solo testemunha (sem fertilização). Os valores das ordenadas (eixo y) correspondem ao logaritmo das unidades formadoras de colônias por cada grama de solo (ufc/g).



## RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a quantificação das populações de estirpes microbiológicas analisadas por cada nível de fertilização, por composto adicionado ao solo, assim como no solo de controlo. A observação dos resultados permite referir o seguinte:

- a) Comparativamente ao solo testemunha, há aumentos evidentes dos organismos aeróbios e dos desnitrificantes para todos os níveis de fertilização;
- b) Os tratamentos de composto (C50, C300) e adubo comerciais (A50, A300) conferem acréscimos equivalentes aos dos compostos produzidos, para os tratamentos em que foram testados (50 e 300 kg N.ha<sup>-1</sup>);
- c) Nenhum dos compostos formulados demonstra contribuir de forma representativa para o aumento do número de fixadores de N ou de fungos. O composto (C50, C300) e o adubo (A 50, 300) comerciais também não demonstram acréscimos relevantes;
- d) Sendo solos ligeiros, bem arejados e mantidos em conforto hídrico de 2/3 da capacidade de campo, não eram esperados acréscimos mais representativos das populações desnitrificantes do que dos fungos ou fixadores de N. No entanto, a maior representatividade das bactérias desnitrificantes está de acordo com o que muitos estudos têm demonstrado, em relação ao uso de matérias fertilizantes orgânicas, que é o aumento das populações desnitrificantes do solo;
- e) A grande semelhança na quantidade de estirpes fixadoras de N presentes em todos os tratamentos e com o testemunha, leva a concluir que estas estirpes serão maioritariamente fixadores livres, até porque é pouco provável haver fixadores simbiotes numa cultura que não é leguminosa.

## CONCLUSÕES

O contributo dos compostos de resíduo de jacinto-de-água, para o aumento das populações microbianas do solo, foi equivalente ao do composto e adubo orgânicos comerciais, o que permite confirmar a qualidade destas novas matérias fertilizantes para a promoção da microbiota dos solos.

O aumento do nível de fertilização não se traduziu em acréscimos evidentes de organismos.

Os aumentos mais expressivos foram os dos microrganismos aeróbios, que são maioritariamente nitrificantes e/ou responsáveis pela mineralização da MO do solo, assim como os desnitrificantes. Esta observação é concordante com os estudos que têm demonstrado aumentos mais significativos destas populações em solos tratados com matérias fertilizantes orgânicas.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto BioComp\_2.0 - Produção de compostos orgânicos biológicos para o controlo do jacinto-de-água e para a valorização de subprodutos agropecuários, florestais e agroindustriais (POCI-01-0247-FEDER-070123), financiado pelo Compete 2020, Portugal 2020 e União Europeia através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Rural. Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) no âmbito do projeto CERNAS pelo apoio financeiro na comunicação deste trabalho (DOI: 10.54499/UIDP/00681/2020). Verónica Oliveira agradece o financiamento nacional da FCT, I.P., através do contrato-programa institucional de emprego científico, doi: 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Paredes, A.; Valdés, G.; Araneda, N.; Valdebenito, E.; Hansen, F. & Nuti, M. (2023) - Microbial community in the composting process and its positive impact on the soil biota in sustainable agriculture. *Agronomy*, vol. 13, n. 2, art. 542. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020542>
- Brito, L.M.C.M. (2007) - *Manual de Compostagem da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima*. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Cornell Composting: Scientific and Engineering (2014) - *Software Compost Mixture Calculation Spreadsheet*. MS Excel 2010 (updated March 2014).
- European Union (2014) - Regulation (EU) n° 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the Prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. *Official Journal of the European Union*. L 317/35.
- Inácio, C.T. & Miller, P.R.M (2009) - *Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos*. Embrapa Solos, RJ. ISBN 85-85864-31-6, 154 pp.
- Invasoras.pt (2023) - *Eichhornia crassipes*. <https://www.invasoras.pt/pt/planta-invasora/eichhornia-crassipes>
- Lazcano, C.; Zhu-Barker, X. & Decock, C. (2021) - Effects of organic fertilizers on the soil microorganisms responsible for N<sub>2</sub>O emissions: A review. *Microorganisms*, vol. 9, n. 5, art. 983. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9050983>
- Pádua, L.; Antão-Geraldes, A.M.; Sousa, J.J.; Rodrigues, M.A.; Oliveira, V.; Santos, D.; Miguens, M.F.P. & Castro, J.P. (2022) - Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Detection Using Coarse and High Resolution Multispectral Data. *Drones*, vol. 6, n. 2, art. 47. <https://doi.org/10.3390/drones6020047>
- Presidência do Conselho de Ministros (2019) - Decreto-Lei n.º 91/2019 de 10 de julho. *Diário da República*, 1.ª série - N.º 130 – 10 de julho de 2019.
- Singh, J. & Kalamdhad, A.S. (2015) - Assessment of compost quality in agitated pile composting of water hyacinth collected from different sources. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 4, p. 175-183. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0097-z>
- Tibebe, D.; Jembere, K.; Kidie, A.; Adugna, M.; Alem, T. & Teshome, G. (2022) - Compost preparation, chemical analyses and users' perception in the utilization of water hyacinth, Ethiopia. *BMC Chemistry*, vol. 16, art. 56. <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00851-9>
- Trautmann, N. & Krasny, M. (1997) - *Composting in the Classroom: Scientific Inquiry for High School Students*. E-book, Cornell University. <http://www.css.cornell.edu/compost/scho-ols.html>