



9CFE-1493

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: 978-84-941695-7-1



Respuesta de *Eucalyptus globulus*, en un experimento de invernadero, a la fertilización con abono organomineral producido a partir de lodos celulósicos

RIBEIRO, H. (1), CARVALHO, R. (1), COSTA E SILVA, F. (2), MARTINS, T., (3), FONTES, L. (3), CARREIRO, P. (4).

1. Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lab. TERRA e Centro de Investigação LEAF.
2. Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lab. TERRA e Centro de Estudos Florestais.
3. Altri Florestal SA
4. AGRISTARBIO, Environmental Solutions, Lda.

Resumen

En Portugal, AGRISTARBIO ha desarrollado, a partir de lodos celulósicos del grupo Altri, un sistema innovador para la producción de abonos organominerales, cuyo efecto sobre el crecimiento inicial de *Eucalyptus globulus* se ha evaluado, en comparación con abono mineral.

En macetas de 50 L (1 planta/maceta) se establecieron tres modalidades de fertilización: i) 150 g/maceta de abono mineral 8-24-8 ("Min"); ii) 267 g/maceta de abono organomineral 4,5-15,9-7,5 ("OrgM"); iii) 267 g/maceta de abono organomineral 4,5-15,9-7,5 + 42 g/maceta de sulfato de potasio ("OrgM+K").

Dos meses después de la siembra, el crecimiento en las modalidades "OrgM+K" y "OrgM" (74,4 y 71,2 g/planta, respectivamente) fue significativamente mayor que en la modalidad "Min" (40,2 g/planta), patrón igual al observado en todos los componentes de la biomasa. En el mismo periodo, la modalidad "Min" provocó la mayor pérdida de nutrientes por lixiviación (2,9 g N, 0,8 g P y 1,5 g K/maceta), significativamente mayor a la observada en "OrgM" (0,17 g N, 0,01 g P y 0,11 g K/maceta) y "OrgM+K" (0,21 g N, 0,03 g P y 0,15 g K/maceta).

Así, en los abonos organominerales, los nutrientes se utilizaron de manera más eficiente y condujeron a un mayor crecimiento inicial de *Eucalyptus globulus*.

Palabras clave

Fertilización de plantación, eficiencia de fertilizantes, lixiviación de nutrientes

1. Introducción

Se estima que solo en Europa la industria de celulosa y papel genera alrededor de 11 millones de toneladas de residuos cada año. Portugal produce alrededor de 0,61 millones de toneladas (Biond, 2022) que comprenden principalmente residuos de madera, cenizas y, mayoritariamente, lodos (alrededor de 60%). Con el fin de encontrar una alternativa sostenible a la eliminación adecuada de los lodos celulósicos, AGRISTARBIO (<https://www.agristarbio.com/>) ha desarrollado un sistema innovador para la producción de abonos organominerales a partir de lodos celulósicos del grupo Altri. Este reciclaje de residuos orgánicos promueve la economía circular y proporciona una fuente sostenible de nutrientes que alimentará a las plantas y actuará como herramienta para reintroducir materia



orgánica en los suelos (Sakrabani, 2024).

2. Objetivos

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de un abono organomineral a base de lodos celulósicos, en comparación con un abono 100% mineral, sobre el crecimiento inicial (primeros 2 meses) de *Eucalyptus globulus* cultivado en macetas y sobre la lixiviación de nutrientes de las macetas. Además, también se estudió el efecto de complementar el abono organomineral con sulfato de potasio.

3. Metodología

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de plástico, ubicado en las instalaciones de Altri Florestal, Quinta do Furadouro, Óbidos, Portugal (39°20'30.7"N 9°13'32.0"W), en macetas de 50 L de volumen, llenas de arena lavada y con 1 planta/maceta.

Se establecieron tres modalidades de fertilización: i) 150 g/maceta de abono mineral 8-24-8 ("Min"); ii) 267 g/maceta de abono organomineral 4,5-15,9-7,5 ("OrgM"); iii) 267 g/maceta de abono organomineral 4,5-15,9-7,5 + 42 g/maceta de sulfato de potasio ("OrgM+K"). Cada modalidad de fertilización se replicó en 15 macetas.

Se instaló un sistema de riego por goteo y con cada riego se lixiviaron las macetas, con un volumen de lixiviado correspondiente aproximadamente al 20% de la dotación de riego. Se recogió el lixiviado, se cuantificó su volumen y se analizó su composición en el laboratorio.

El 10 de mayo se sembró 1 planta por maceta y el 12 de julio de 2023 (2 meses después de la siembra) se cortaron 4 plantas por modalidad para evaluar la biomasa. Los componentes de la biomasa (raíz, tallo principal, ramas laterales y hojas) se separaron, se secaron a 65 °C, hasta peso constante, y se pesaron.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) seguido de comparación de medias mediante la prueba LSD (diferencia mínima significativa) para $\alpha=5\%$.

4. Resultados

A los dos meses de la plantación, se observó que la biomasa total de las plantas (Tabla 1) fue mayor en las modalidades fertilizadas con el abono organomineral, "OrgM+K" (73,4 g/planta) y "OrgM" (65,9 g/planta). Aunque no existen diferencias estadísticas entre estas dos modalidades, la suplementación con sulfato de potasio ("OrgM+K") parece conducir a una tendencia positiva en el aumento de la biomasa

(+11%). Por otro lado, la modalidad con peor desempeño fue la fertilizada con abono mineral (“Min”) con 40,2 g/planta. Las modalidades “OrgM+K” y “OrgM” resultaron en un incremento de la biomasa, en comparación con la modalidad “Min”, de 83 y 64%, respectivamente. Se observa que, con excepción de la raíz, el patrón de variación de la biomasa de los demás componentes de la planta (tallo principal, ramas y hojas) es el mismo que el de la biomasa total de las plantas (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios de biomasa (en g de materia seca a 65°C) de cada componente (raíz, tallo, ramas y hojas) y de toda la planta (total), para cada modalidad de fertilización.

Modalidad	Biomasa seca a 65 °C (g/planta)				
	Raíz	Tallo	Ramas	Hojas	Total
Min	8,9 ^A	5,5 ^B	4,8 ^B	21,0 ^B	40,2 ^B
OrgM	12,0 ^A	10,2 ^A	9,0 ^A	34,7 ^A	65,9 ^A
OrgM+K	13,3 ^A	11,6 ^A	10,3 ^A	38,1 ^A	73,4 ^A

Respecto a la altura de planta y diámetro del tallo (Tabla 2), también se observó un mejor desempeño en las modalidades “OrgM+K” y “OrgM”, confirmando el mayor crecimiento de las plantas en estas modalidades, al compararlas con la modalidad con abono mineral (“Min”).

Tabla 2. Valores medios de altura de planta (cm) y diámetro de tallo (mm), para cada modalidad de fertilización.

Modalidad	Altura (cm)	Diámetro (mm)
Min	54,7 ^B	6,5 ^B
OrgM	70,6 ^A	8,4 ^A
OrgM+K	71,8 ^A	8,9 ^A

Considerando la lixiviación de nutrientes de las macetas, en el mismo periodo, la modalidad de abono mineral (“Min”) provocó la mayor pérdida de nitrógeno por lixiviación, 2,9 g N/maceta (Figura 1) y también de P (0,8 g/maceta) y K (1,5 g/maceta) (datos no mostrados). Esta lixiviación fue significativamente mayor que la observada en las modalidades con abonos organominerales: “OrgM” (0,17 g N, 0,01 g P y 0,11 g K/maceta) y “OrgM+K” (0,21 g N, 0,03 g P y 0,15 g K/maceta).

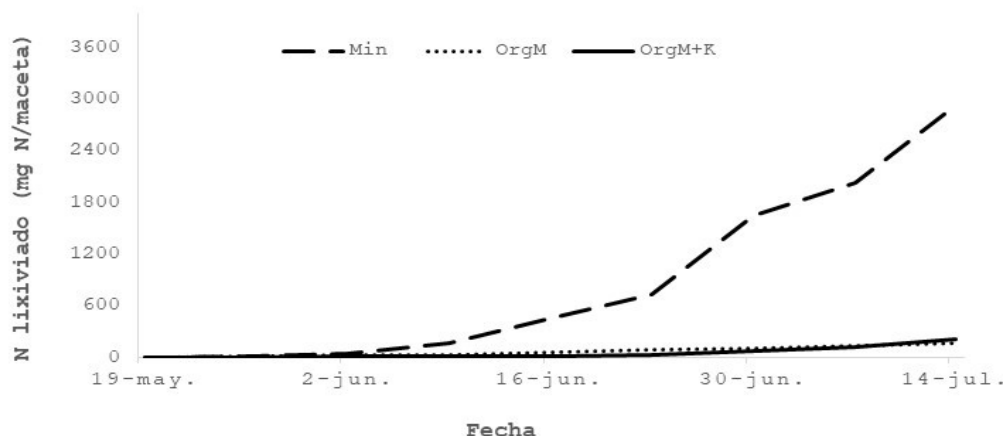


Figura 1. Evolución de la cantidad de nitrógeno lixiviado (mg/maceta) a lo largo del experimento, en las diferentes modalidades de fertilización.

5. Discusión

En el gránulo de abono organomineral, los grupos funcionales superficiales, los micro y nanoporos de su fracción orgánica ayudan a unir y adsorber las moléculas del fertilizante químico y retener los nutrientes durante más tiempo. Este fenómeno ayuda a liberar los nutrientes lentamente y aumentar su eficiencia (Udin et al., 2025).

Los abonos organominerales tienen compuestos orgánicos en su composición, y existe una interacción positiva entre estas matrices orgánicas y los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo (Qiao et al. 2020). La suplementación de un suelo con abonos organominerales aumenta significativamente su materia orgánica/carbono orgánico, en comparación con un suelo tratado únicamente con NPK (Viana et al., 2024). Debido a sus características de absorción, la materia orgánica del suelo se convierte en un reservorio natural que acumula nutrientes inorgánicos y algunos elementos orgánicos creando un efecto esponja en el suelo (Bouhria et al., 2022). En consecuencia, los abonos organominerales tienen la capacidad de mejorar la capacidad de retención mineral del suelo.

Así, estos efectos a nivel del gránulo de abono y de la materia orgánica del suelo explican los resultados obtenidos en este ensayo, a saber: i) la reducción de la pérdida de nutrientes por lixiviación; ii) aumento del crecimiento de las plantas, debido a una mayor eficiencia en el uso de nutrientes.

De hecho, según Udin et al. (2025), los abonos organominerales, en comparación con los abonos químicos: liberan los nutrientes lentamente y reducen la pérdida de nutrientes por lixiviación, aumenta considerablemente la eficiencia del uso de nutrientes y mejoran el crecimiento y el rendimiento de las plantas.

6. Conclusiones



En las modalidades con abonos organominerales, los nutrientes se utilizaron de manera más eficiente, lo que condujo a una menor pérdida de nutrientes por lixiviación y promovió un mayor crecimiento inicial de *Eucalyptus globulus*.

7. Agradecimientos

Este trabajo fue parte de las actividades de la Agenda Transform (Agenda para la transformación digital del sector forestal para una economía resiliente y baja en carbono), proyecto P3.5 – Reincorporación de residuos industriales en la floresta, financiado por IAPMEI/PRR/ Aviso 02/C05-i01 /2022 – Agendas Mobilizadoras para a Inovação Empresarial.

Los autores agradecen al Instituto Superior de Agronomía (ISA) por el apoyo institucional y a la Fundación para la Ciencia y la Tecnología, I.P. (FCT) para apoyo financiero: i) Centro de Investigación LEAF apoyado por el proyecto UIDB/04129/2020; ii) Centro de Investigación Forestal (CEF) apoyado por el proyecto de referencia UIDB/00239/2020; iii) Laboratorio Asociado TERRA apoyado por el proyecto LA/P/0092/2020.

8. Bibliografía

BIOND; 2023. Boletim Estatístico da Biond 2022. Biond - Forest fibers from Portugal, 104 Páginas, Lisboa, Portugal.

BOUHIA, Y.; Hafidi, M.; OUHDOUCH, Y.; ...; LYAMLOULI, K.; 2022. Conversion of waste into organo-mineral fertilizers: current technological trends and prospects. Rev Environ Sci Biotechnol 21:425–446.

QIAO, Y.; MIAO, S.; ZHONG, X.; 2020. The greatest potential benefit of biochar return on bacterial community structure among three maize-straw products after eightyyear field experiment in Mollisols. Appl Soil Ecol 147,103432.

SAKRABANI, R.; 2024. Opportunities and challenges organo-mineral fertiliser can play in enabling food security. Front. Sustain. Food Syst. 8:1296351.

UDIN, M.K.; SAHA, B.K.; WONG, V.; PATTI, A.F.; 2025. Organo-mineral fertilizer to sustain soil health and crop yield for reducing environmental impact: A comprehensive review. European Journal of Agronomy,162,127433.

VIANA, A.; PEGORARO, R.,; SOARES, V. 2024. Sewage sludge-based organomineral fertilizer: A pathway to enhanced soil fertility and chickpea production. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture (in press)