



VALORIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS PECUÁRIOS NA CULTURA DO TOMATE PARA A INDÚSTRIA

A utilização agrícola de chorumes e estrumes como complemento à adubação mineral é frequentemente apontada como uma estratégia sustentável. No entanto, persistem dúvidas práticas: esses materiais afetam a produtividade? Comprometem a qualidade do fruto?

Ana Cristina Ramos^{1,2}, Marta Abreu^{1,2}, Catarina Esteves³, Regina Menino^{1,4}, Nelson Pereira^{1,2}, João Gramacho¹, Olga Moreira^{1,5,8,9}, Joaquim Pedro Torres⁸, David Fangueiro²

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



² Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, LEAF Research Center



³ Forest Research Centre (CEF)



⁴ GREEN-IT Bioresources for Sustainability



⁵ Centro de Investigação Interdisciplinar Egas Moniz (CiiEM)



⁶ Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal (CIISA)



⁷ AL4AnimalS, FMV-UL



⁸ Valinveste - Investimentos E Gestão Agrícola, Lda

O solo e o valor da matéria orgânica

A manutenção de teores adequados de matéria orgânica no solo é um dos principais desafios da agricultura. Os solos cultivados no sul da Europa tendem a apresentar baixos teores de carbono orgânico. Isso deve-se a várias razões: valores elevados de temperatura, que aceleram a decomposição da matéria orgânica; períodos de seca, que reduzem a incorporação de resíduos vegetais; práticas agrícolas intensivas, com mobilizações frequentes, que favorecem a mineralização do húmus (Tadiello *et al.*, 2022).

A matéria orgânica desempenha três funções fundamentais: 1) estrutural, evitando a dispersão das partículas, a formação de crostas e a compactação; 2) hídrica, atuando como reserva de humidade e atenuando os efeitos da seca; e 3) biológica, sustentando a atividade microbiana responsável pela libertação gradual de nutrientes (Zhan, 2024).

Quando o teor de matéria orgânica está abaixo de valores críticos (geralmente considerados entre 1,5% e 2% em solos franco-argilosos), o agricultor vê-se forçado a aumentar as doses de adubo mineral para manter a produtividade. Esta dependência crescente tem custos económicos e ambientais. Daí o interesse em valorizar subprodutos pecuários, como chorumes e estrumes compostados, para reintroduzir carbono no solo e fechar ciclos de nutrientes, segundo os princípios da economia circular (Sadeghpour & Afshar, 2024).

No entanto, nem todos os materiais orgânicos se comportam da mesma forma. O chorume de suíno é um efluente líquido rico em azoto amoniacal, mas com elevada condutividade eléctrica e teores significativos de sódio.

O estrume de aves compostado é um material sólido resultante de um processo de compostagem controlado. Durante a compostagem, a fração orgânica mais lábil é estabilizada, a relação carbono/

/azoto reduz-se a valores adequados e os teores de sais solúveis, incluindo o sódio, diminuem por lixiviação ou por imobilização em complexos húmicos. O produto final é muito menos agressivo para as raízes e fornece carbono orgânico de forma gradual (Bernal *et al.*, 2009).

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma cultura moderadamente sensível à salinidade. Quando as concentrações de sódio se acumulam na solução do solo, perturbam a absorção de água e de nutrientes (especialmente potássio e cálcio), induzindo um estado de stress osmótico que se traduz em menor crescimento, menor área foliar e queda na produção (Guo *et al.*, 2022).

Delineamento do estudo

O estudo foi conduzido numa parcela comercial de tomate para a indústria (variedade HI015) na região de Santarém, no âmbito do projeto *LivingLab*. Compararam-se três tratamentos de fertilização:

1. Fertilização exclusivamente mineral (controlo): adubo de síntese nas doses recomendadas.
2. Fertilização mineral + chorume de suíno: aplicada antes da plantação, na dose correspondente a um acréscimo de 30 kg N ha⁻¹.
3. Fertilização mineral + estrume de aves compostado: aplicada antes da plantação, na dose correspondente a um acréscimo de 30 kg N ha⁻¹.

O solo da parcela apresentava textura franco-argilosa, pH ligeiramente alcalino (7,9), baixo teor de matéria orgânica (1,72%) e níveis elevados de fósforo e potássio, uma situação típica de explorações com longo historial de fertilização mineral intensiva. A gestão da rega (gota a gota) e da proteção fitossanitária ficaram a cargo do agricultor.

Resultados: Produção diferenciada, qualidade preservada Impacto na produtividade

Os dois materiais orgânicos apresentaram comportamentos claramente distintos. O chorume de suíno induziu uma redução da produtividade de cerca de 17% face ao controlo e ao tratamento com estrume de aves compostado. As produções médias



foram de aproximadamente 119 t ha⁻¹ no tratamento com chorume de suíno, em comparação com 142-147 t ha⁻¹ nos restantes tratamentos. As análises foliares revelaram elevada acumulação de sódio nas plantas do tratamento com chorume de suíno, confirmando que o stress salino foi provavelmente o mecanismo responsável pela quebra, conforme antecipado pela caracterização do efluente. Em contraste, a aplicação de estrume de aves compostado não afetou a produtividade: os valores mantiveram-se equivalentes aos do controlo. A compostagem prévia reduziu os riscos de fitotoxicidade e de salinidade associados à aplicação direta de efluentes. O tratamento com estrume de aves compostado revelou-se, assim, o único dos dois materiais capaz de fornecer matéria orgânica ao solo sem penalizar a produção na campanha em curso.

Ponto-chave – Salinidade como fator limitante

O chorume de suíno frequentemente apresenta condutividade elétrica elevada (acima de 5-8 dS m⁻¹) e teores de sódio capazes de induzir stress osmóti-



co em culturas sensíveis, sobretudo em solos com drenagem fraca ou histórico de acumulação de sais. O estrume de aves compostado, devido à sua maior estabilidade e à redução dos sais solúveis durante o processo de compostagem, revela-se mais seguro para aplicação direta no solo.

Qualidade do fruto: estabilidade em todos os tratamentos

Os parâmetros de qualidade, essenciais para a aceitação pela indústria transformadora, não foram afetados por nenhum dos tratamentos. O peso médio do fruto (≈ 62 g), as dimensões ($50,9 \times 39,7$ mm), a cor ($a^* \approx 20,3$), o teor de sólidos solúveis ($\approx 4,2$ °Brix) e a acidez titulável ($\approx 0,6\%$ em ácido cítrico) mantiveram-se dentro dos intervalos de referência para processamento industrial, independentemente do tipo de fertilização aplicada.

No plano nutricional e funcional, os teores de licopeno ($5,1$ – $5,9$ mg/100 g), compostos fenólicos totais (≈ 47 mg GAE/100 g), vitamina C (≈ 19 mg/100 g) e capacidade antioxidante (DPPH ≈ 2664 μ mol Tro-

lox/100 g) também não diferiram significativamente entre os tratamentos. O licopeno, principal carotenoide do tomate e marcador de qualidade para a indústria de concentrados, manteve-se, em todos os casos, acima do limiar de referência (> 5 mg/100 g) exigido para a pasta de tomate *premium*.

Implicações práticas para a gestão da fertilização

Estrume de aves compostado – opção segura e estratégica

Os resultados consolidam o tratamento com estrume de aves compostado como uma opção viável para complementar a fertilização mineral na cultura do tomate destinado à indústria. A sua incorporação anual ou bienal permite aumentar o teor de matéria orgânica do solo, melhorando progressivamente a estrutura, a retenção hídrica e a atividade biológica, sem comprometer a produtividade nem a qualidade do fruto. Para explorações que pretendam iniciar uma transição para sistemas mais sustentáveis, o tratamento com estrume de aves

compostado é, neste contexto, uma ferramenta adequada e de baixo risco.

Chorume de suíno

– potencial com condicionantes

A valorização direta do chorume de suíno exige maior prudência técnica. Antes de aplicá-lo, é recomendável analisar o solo e o próprio efluente, com atenção à condutividade elétrica, ao teor de sódio e ao histórico de salinidade da parcela. Em solos com valores elevados de sódio ou de condutividade elétrica, o chorume deve ser evitado ou submetido a estratégias de mitigação. Entre estas, incluem-se a compostagem prévia com materiais carbonados (palha ou aparas de madeira), a aplicação fracionada em doses mais baixas, ou a combinação com rega abundante para promover a lixiviação dos sais. O potencial agronómico do chorume não deve ser descartado, mas o seu uso exige um enquadramento técnico mais rigoroso do que o aplicável ao tratamento do estrume de aves compostado.

Perspetiva de economia circular

Para além dos resultados agronómicos imediatos, este estudo evidencia o valor destes materiais como instrumentos de economia circular. Tanto o chorume como o estrume compostado representam formas de valorizar resíduos pecuários que, de outro modo, constituiriam um problema de gestão ambiental. Quando integrados nos planos de fertilização, contribuem para reduzir os custos com adubos minerais, diminuir a dependência de mercados externos e melhorar a resiliência dos ecossistemas. Em solos pobres em carbono orgânico, historicamente fragilizados pela agricultura intensiva, a reposição regular de matéria orgânica é um investimento na fertilidade a longo prazo.

Conclusão

Os resultados são promissores: a integração de subprodutos pecuários na cultura do tomate para a indústria afigura-se viável, sem comprometer a qualidade do fruto, condição necessária à aceitação pela indústria transformadora. A escolha do material e o conhecimento prévio das características do

solo são, porém, determinantes: o estrume de aves compostado revelou-se neutro em termos de produtividade e de baixo risco, enquanto o chorume de suíno exige critérios técnicos mais rigorosos, sobretudo em solos sensíveis ao sódio.

A investigação em curso no projeto *LivingLab* prossegue com a avaliação de estratégias de mitigação do chorume de suíno (compostagem ligeira, adição de corretivos) e com a análise dos efeitos cumulativos da aplicação repetida de matéria orgânica na saúde do solo a médio prazo, em condições representativas da realidade produtiva portuguesa. 🌱

Agradecimentos

Este artigo foi elaborado no âmbito do projeto *LivingLab* – Efluentes e coprodutos da atividade pecuária (PRR-C05-i03-l-000218). Os autores agradecem a colaboração dos agricultores parceiros, das entidades de investigação envolvidas e o apoio da FCT através do CEF (UIDB/00239/2020) e do LEAF (UID/04129/2025).

Bibliografia

- Bernal, M.P.; Albuquerque, J.A.; Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, **100**(22):5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>.
- Guo, M.; Wang, X.-S.; Guo, H.-D.; Bai, S.-Y.; Khan, A.; Wang, X.-M.; Gao, Y.-M.; Li, J.-S. (2022). Tomato salt tolerance mechanisms and their potential applications for fighting salinity: A review. *Front. Plant Sci.*, **13**:949541. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.949541>.
- Sadeghpour, A.; Afshar, R.K. (2024). Livestock manure: From waste to resource in a circular economy. *Journal of Agriculture and Food Research*, **17**:101255. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101255>.
- Tadiello, T.; Carletti, P.; Zanin, G.; Dal Ferro, N.; Morari, F. (2022). Soil organic carbon under conservation agriculture in Mediterranean and humid subtropical climates: Global meta-analysis. *European Journal of Soil Science*, **74**:e13338. <https://doi.org/10.1111/ejss.13338>.
- Zhan, C.Y. (2024). Microbial decomposition and soil health: mechanisms and ecological implications. *Molecular Soil Biology*, **15**(2):59–70. <https://doi.org/10.5376/msb.2024.15.0007>.