



4.^a Edição Prémio Atlântico Júnior 2025

Resíduos de Bananeira- por um futuro mais sustentável

Diogo Abreu, Diogo Mendonça, Leonor Pereira, Matilde Mendonça e Matilde Ramos
Escola B+S Com Pré Escolar e Creche Bispo D. Manuel Ferreira Cabral

Orientadora

Ângela Morais, Professora de Biologia e Geologia
Escola B+S Bispo D. Manuel Ferreira Cabral

Apoio Científico

Prof. Doutora Nereida Cordeiro e MSc Marisa Faria,
Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia, Universidade da Madeira

Resumo

A crescente poluição causada pela utilização de plásticos, nomeadamente pela presença de microplásticos (MPs) no ar, no solo e nos meios aquáticos, associada aos impactos das alterações climáticas — como a degradação dos solos, a perda de fertilidade e a escassez hídrica —, exige soluções integradas, sustentáveis e acessíveis.

O projeto que desenvolvemos constitui uma continuação de um trabalho iniciado em 2017, no qual têm sido exploradas as potencialidades dos resíduos da bananeira, uma cultura abundante na ilha da Madeira. Neste contexto, foram testadas duas abordagens complementares: (i) a produção de biofiltros à base de talo e pseudocaule de bananeira para a remoção de MPs do ar, através de um protótipo funcional construído com materiais reaproveitados; e (ii) o desenvolvimento de bioplásticos a partir de talo, ráquis e casca de banana, combinados com subprodutos locais como cana-de-açúcar e vinagre de sidra. Estes bioplásticos foram avaliados quanto à sua biodegradabilidade, efeito biofertilizante e capacidade de retenção de água no solo.

Os resultados obtidos demonstraram o potencial destes materiais como alternativas ecológicas aos plásticos convencionais, promovendo simultaneamente a resiliência dos solos, a redução da dependência de fertilizantes químicos e a mitigação do stress hídrico.

Desta forma, este projeto reforça o compromisso com a redução da pegada de carbono, promovendo a utilização de materiais biodegradáveis e a valorização de resíduos agrícolas como recursos estratégicos para enfrentar os desafios das alterações climáticas. Ao integrar conceitos como carbono negativo e créditos de carbono, pretende-se demonstrar como práticas regenerativas podem contribuir para um futuro mais resiliente, sustentável e economicamente viável, alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: microplásticos; resíduos agrícolas; bananeira; bioplásticos; biofiltração do ar; biofertilizantes; eco-tecnologia; alterações climáticas; economia circular; sustentabilidade ambiental

1. Introdução

Os plásticos são polímeros sintéticos orgânicos amplamente utilizados em setores como a indústria, medicina, construção e proteção alimentar, devido à sua versatilidade, durabilidade e baixo custo de produção. No entanto, o seu uso massivo tem levantado sérias preocupações ambientais, sobretudo pela persistência destes materiais no ambiente terrestre e marinho.

Entre os vários tipos de partículas de plástico, os MPs — definidos como fragmentos com menos de 5 mm (Andrady, 2011) — têm recebido atenção crescente, pela sua ubiquidade e persistência. A sua presença nos ambientes aquático e atmosférico está associada a impactos negativos na qualidade do ar, da água e na contaminação alimentar (Cunha et al., 2020). Devido ao seu tamanho reduzido, são facilmente ingeridos por organismos marinhos, promovendo bioacumulação ao longo da cadeia trófica (Wright et al., 2013; Cauwenbergh & Janssen, 2014), alterações genéticas (Lagarde et al., 2016) e aumento da toxicidade e mortalidade de organismos planctónicos (Bergami et al., 2017).

Mais recentemente, têm sido detetados MPs em diversos tecidos humanos, como cérebro, pulmões e medula óssea, entrando no organismo não só por ingestão, mas também pela via respiratória (Amato-Lourenço et al., 2024). Estudos em animais sugerem efeitos adversos nos sistemas endócrino, imunológico e reprodutor. Nihart et al. (2025) identificou níveis preocupantes de MPs no cérebro humano, sobretudo em indivíduos com demência, indicando um aumento acumulativo significativo entre 2016 e 2024. A exposição prolongada a MPs tem sido associada a doenças não transmissíveis como cancro e diabetes, por sobrecarga do sistema imunitário (Krause et al., 2024).

Face a este cenário, torna-se urgente desenvolver alternativas sustentáveis que reduzam a dependência de plásticos convencionais e mitiguem os seus impactos. Um dos caminhos promissores é a valorização de resíduos agrícolas locais, como os da bananeira, cuja produção tem aumentado na ilha da Madeira (GESBA). Esta cultura gera anualmente toneladas de resíduos por hectare, resultantes da colheita de um único cacho por planta. Embora parte seja usada como adubo orgânico, existe um elevado potencial para a sua valorização. Estudos anteriores demonstraram a aptidão destes resíduos como fonte de fibras celulósicas para produção de papel (Cordeiro et al., 2004; Oliveira et al., 2005; 2006a,b; 2007; Lacerda, 2009). Adicionalmente, trabalhos como os de Castillo (2015) e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) demonstram o potencial da casca de banana como fonte de amido para produção de bioplásticos biodegradáveis e compostáveis, com aplicação em embalagens alimentares, contribuindo para reduzir o uso de fertilizantes químicos e o fenómeno da eutrofização marinha (Galloway et al., 2008).

A cana-de-açúcar é outra cultura com expressão na Madeira. Introduzida em 1427, ocupa atualmente cerca de 135 hectares (IVBAM, 2015), sendo utilizada na produção de mel e aguardente. Recentemente, surgiram aplicações inovadoras para esta cultura, como o uso de processos fermentativos para a produção de plásticos biodegradáveis, desenvolvidos pela startup brasileira Earth Renewable Technologies (ERT).

A urgência da adoção de práticas regenerativas e soluções sustentáveis é reforçada pelos dados de 2024, o ano mais quente alguma vez registado. Segundo o Serviço de Monitorização das Alterações Climáticas do Copernicus (C3S), a temperatura global ultrapassou, pela primeira vez, 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais. Ondas de calor, secas extremas e precipitação intensa tornaram-se mais frequentes e severas, com impactos devastadores em todo o mundo.

Neste contexto, o presente trabalho dá continuidade ao projeto iniciado por Afonso et al. (2017), no âmbito do 25.º Concurso para Jovens Cientistas, e ao projeto premiado "Utilização da pasta celulósica da bananeira para a remoção de MPs de águas contaminadas", desenvolvido por Mendonça e Vieira (2021). Este projeto obteve reconhecimento nacional e internacional no EUCYS, em 2022. Mais recentemente, o projeto "Biofiltração Inovadora: resíduos de bananeira protetores do oceano", desenvolvido no âmbito do Prémio Atlântico Júnior (2024), reforçou a relevância da abordagem.

Assim, o presente estudo tem como principais objetivos:

- 1- desenvolver biofiltros a partir de resíduos de bananeira e testar o seu potencial na biofiltração do ar, através da construção de um protótipo com materiais reutilizados, propondo uma alternativa sustentável aos filtros comerciais utilizados em eletrodomésticos;
- 2- produzir bioplásticos a partir de resíduos de bananeira e cana-de-açúcar como alternativa às embalagens de plástico, com o intuito de mitigar a poluição marinha;

- 3- avaliar a biodegradabilidade dos bioplásticos produzidos, o seu potencial na biofertilização dos solos e a sua capacidade de retenção de água, perspetivando-se como uma solução inovadora para enfrentar os impactos da seca e das alterações climáticas.

2. Material e Métodos

2.1. Produção dos biofiltros da bananeira

A pasta celulósica foi obtida a partir de resíduos agrícolas da cultura da banana (*Musa acuminata* Colla) na ilha da Madeira, conforme descrito por Afonso et al. (2017). O talo de bananeira recolhido numa plantação no Faial foi cortado em pequenos pedaços, cozido, triturado e transformado em pasta celulósica. A partir desta, com o auxílio de tinas retangulares (30 × 40 cm) e água, foram formadas folhas de papel por entrelaçamento das fibras, posteriormente secas. A espessura do papel obtido foi determinada pela massa de pasta utilizada. A partir das folhas, cortaram-se os biofiltros com diâmetro 16 cm, previamente identificados por Mendonça e Vieira (2021) como os mais eficazes na retenção de MPs.

2.2. Construção de um protótipo para filtração dos MPs do ar

Para avaliação preliminar da presença de MPs no ar, prepararam-se duas lâminas de Neubauer com água destilada: uma exposta ao ar durante 5 minutos e outra imediatamente coberta com lamela. Ambas foram observadas ao microscópio ótico composto, sendo os MPs contados. Este procedimento foi repetido cinco vezes.

Em seguida, foi construído um protótipo funcional com o objetivo de simular um futuro equipamento de filtração de ar contaminado com MPs. A estrutura foi projetada e construída por alunos do curso profissional de Desenho de Mobiliário, com base em especificações fornecidas pela equipa de investigação. Foi ainda desenvolvida uma peça adaptadora para um soprador, desenhada no software *Tinkercad* e impressa em 3D.

A construção utilizou restos de aglomerado de madeira e uma placa de acrílico reaproveitada, com vedação em EVA autocolante e fixadores tipo mola. Uma máscara foi acoplada à saída como filtro adicional. Os biofiltros foram colocados no interior do dispositivo e, na entrada, introduziram-se 0,15 g de MPs fluorescentes (250 µm). O compressor de ar foi ligado durante 1 minuto e a análise foi realizada por observação com luz ultravioleta e contagem com a aplicação *ImageJ*. Este procedimento foi repetido cinco vezes.

2.3. Produção de bioplásticos

Foram produzidos seis tipos de bioplásticos a partir de diferentes resíduos da bananeira (talo, casca de banana e ráquis), combinados com fontes de amido (maizena ou amido extraído da casca de banana) e dois tipos de glicerina (comercial ou caseira). As composições estão descritas na Tabela 1.

A mistura dos ingredientes foi realizada num recipiente aquecido a 100 °C durante 15 minutos. A solução resultante foi vertida para tabuleiros forrados com folha de alumínio, identificados e deixados a secar ao sol por dois dias. Após secagem, os bioplásticos foram removidos e analisados quanto à textura, maleabilidade e resistência mecânica. Os bioplásticos A e C foram selecionados para ensaios subsequentes.

Tabela 1 – Composição dos bioplásticos produzidos.

	Bioplásticos					
	A	B	C	D	E	F
Tipo de resíduo da bananeira	Talo	Talo	Talo	Casca de banana	Ráquis	Talo + Casca de banana
Fonte de amido	Maizena	Casca de banana* ¹	Maizena	Maizena	Maizena	Maizena
Tipo de glicerina	Comercial	Comercial	Caseira* ²	Comercial	Caseira	Caseira

*¹ Extração do amido da casca da banana: As cascas de banana foram recolhidas na cantina da escola, secas em estufa durante dois dias a 100 °C, trituradas numa liquidificadora e colocadas num gobelé de 250 mL com 200 mL de água. A mistura foi depois submetida a aquecimento numa panela de pressão durante 1 hora.

*² Produção de glicerina caseira: A glicerina foi obtida a partir de 200 mL de suco de cana-de-açúcar, recolhido nos Engenhos do Norte, e 50 mL de vinagre de sidra, gentilmente cedido pela Confraria da Sidra de São Roque do Faial.

2.4. Avaliação da resistência dos bioplásticos à temperatura

Como complemento a esta avaliação inicial, foi também testada a sua resistência à temperatura, uma vez que a estabilidade térmica pode influenciar significativamente a sua viabilidade de aplicação prática em ambientes sujeitos a variações térmicas.

Foram preparadas três placas de Petri com amostras de plástico e bioplástico com 4 cm de diâmetro. Na primeira placa colocaram-se 0,06 g de plástico comercial, na segunda 1 g de bioplástico A e na terceira 1 g de bioplástico C. Todas as amostras foram submetidas a ciclos de aquecimento de 10 minutos a diferentes temperaturas (40, 60, 80 e 100 °C), em estufa. No final de cada ciclo, observaram-se as deformações ocorridas nas amostras, permitindo avaliar a sua resistência térmica.

2.5. Avaliação da biodegradabilidade dos bioplásticos

Três gobelés de 250 mL foram preenchidos com 120 g de solo (profundidade de recolha: 0–20 cm). Amostras (2 × 2 cm) de bioplástico A, bioplástico C e plástico comercial foram pesadas e colocadas individualmente em cada gobelé. Após 30 dias a 25 °C, as amostras foram lavadas, secas a 40 °C durante 15 minutos e novamente pesadas. A percentagem de biodegradabilidade foi calculada com base na perda de massa.

2.6. Avaliação do potencial biofertilizante dos bioplásticos

Foram preparados três vasos (I, II e III) com 4,2 g de solo recolhido entre 0 e 20 cm de profundidade. Em cada vaso foram colocadas três sementes de feijão, sendo que: o vaso I serviu de controlo (solo + sementes); no vaso II foram adicionados 2 g de bioplástico C na base das sementes; no vaso III foram adicionados 2 g de bioplástico A na base das sementes.

Os vasos foram mantidos sob as mesmas condições de luz e temperatura durante 60 dias e regados semanalmente com 250 mL de água. O crescimento das plantas foi acompanhado, registando-se dados sobre o comprimento do caule, número de folhas e número de frutos, com recurso à aplicação *GraphPad*.

2.7. Avaliação da capacidade de retenção de água no solo

Prepararam-se três gobelés de 250 mL, cada um com 120 g de solo recolhido entre 0 e 20 cm de profundidade. O gobelé I serviu de controlo, contendo apenas solo (sem bioplástico). No gobelé II foram adicionados 0,7 g de bioplástico C com 4 cm de diâmetro, enquanto no gobelé III foram colocados 0,9 g de bioplástico A com o mesmo diâmetro.

A cada gobelé adicionaram-se 80 mL de água, e os mesmos foram pesados antes de serem colocados em estufa a 50 °C durante 24 horas. Após esse período, os gobelés foram novamente pesados e calculou-se a percentagem de retenção de água no solo.

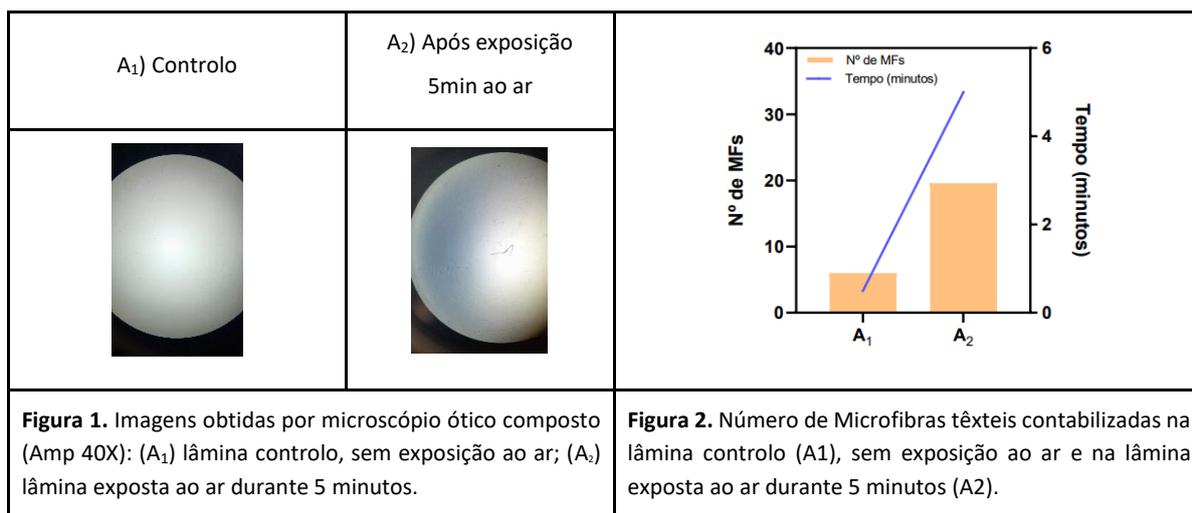
2.8. Análise estatística

Todos os ensaios foram realizados em triplicado. Os dados apresentados correspondem à média dos valores obtidos. A análise estatística foi efetuada no software IBM SPSS (v.26), utilizando análise ANOVA, com nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.

3. Resultados e Discussão

3.1. Construção e teste do protótipo para biofiltração do ar

Através da observação ao microscópio ótico composto (Fig. 1), confirmou-se a presença de MPs no ar, maioritariamente microfibras têxteis coloridas. Estas fibras são provavelmente provenientes de roupas com elevada percentagem de fibras sintéticas, comuns na indumentária dos alunos do laboratório. A contagem efetuada com lâminas de Neubauer revelou uma média de 19,6 MPs/ μ L em lâminas expostas ao ar durante 5 minutos (Fig. 2), evidenciando a carga significativa de poluição invisível presente nos espaços interiores.



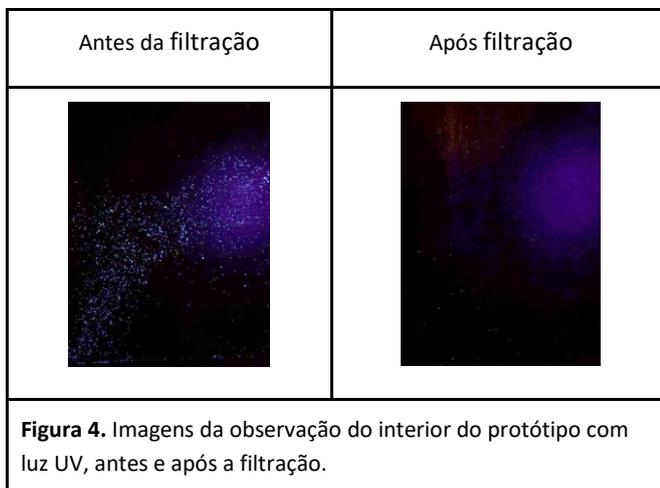
Para mitigar esta problemática, foi construído um protótipo de biofiltração do ar com a colaboração dos alunos do curso profissional de Desenho de Mobiliário. Este dispositivo, desenvolvido com materiais reaproveitados (aglomerado de madeira, acrílico e EVA), foi adaptado a um soprador de ar e equipado com biofiltros produzidos a partir de talo e pseudocaule de bananeira (Fig. 3).



Figura 3. Protótipo para a biofiltração do ar. Legenda: I – Entrada de ar contaminado com MPs fluorescentes II – Biofiltro, III- Tampa de acrílico com vedantes IV – Saída do ar através de uma máscara.

Após a introdução de 0,15 g de MPs fluorescentes (250 µm) na entrada do protótipo, o sistema foi acionado com um compressor durante 1 minuto. A observação sob luz ultravioleta permitiu comparar a presença de partículas antes e depois da filtração (Fig. 4), e a contagem dos MPs foi realizada com recurso à aplicação *ImageJ*. Os resultados demonstraram uma eficácia de filtração de 96,13%, confirmando o elevado potencial dos biofiltros como eco-tecnologia inovadora.

Estes filtros poderão futuramente ser integrados em dispositivos como aspiradores domésticos, contribuindo para a redução da poluição por microfibras no ambiente interior. Além disso, podem também constituir uma barreira contra poeiras em suspensão, como as provenientes das tempestades de areia do Norte de África, que afetam frequentemente a qualidade do ar na ilha da Madeira.



3.2. Produção dos bioplásticos

Foram produzidos diversos bioplásticos utilizando resíduos de bananeira (talo, casca de banana e ráquis), diferentes fontes de amido (maizena e casca de banana) e dois tipos de glicerina (comercial e caseira). A observação macroscópica dos bioplásticos (Fig. 5) revelou diferenças marcantes na consistência e estabilidade. Os bioplásticos B e D, que utilizaram casca de banana como resíduo ou fonte de amido, apresentaram proliferação de fungos e baixa resistência, sendo excluídos das fases seguintes do estudo.

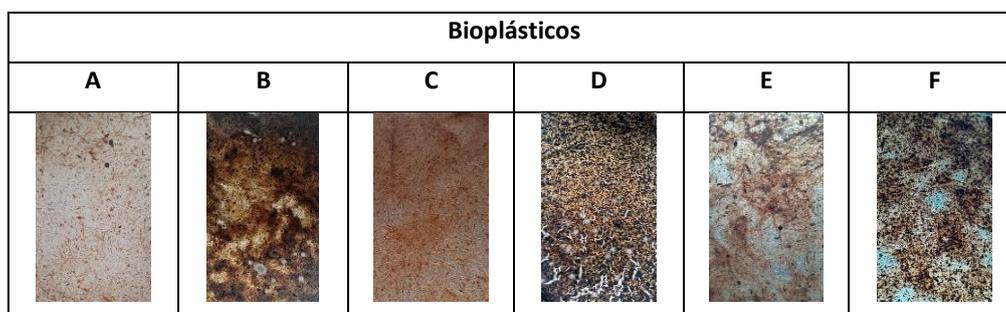


Figura 5. Observação macroscópica dos bioplásticos produzidos a partir de talo + amido da maizena + glicerina comercial (A), talo + amido da casca de banana + glicerina comercial (B), talo + amido da maizena + glicerina caseira (C), casca de banana + amido da maizena + glicerina comercial (D), ráquis + amido da maizena + glicerina caseira (E), talo + casca de banana + amido maizena + glicerina caseira (F).

3.3. Resistência dos bioplásticos à temperatura

Como parte da avaliação da viabilidade dos bioplásticos na substituição de plásticos convencionais em embalagens biodegradáveis, bem como na utilização no solo como condicionadores orgânicos com capacidade de retenção de água e fertilização gradual, foi testada a sua resistência térmica. Esta propriedade é essencial para garantir que os bioplásticos mantêm a sua integridade estrutural durante o processamento, armazenamento em ambientes quentes ou exposição solar prolongada em campo, sem comprometer o seu desempenho funcional.

Submeteram-se amostras circulares dos bioplásticos A e C, bem como de plástico comercial, a um ciclo de aquecimento em estufa com temperaturas progressivas entre 40 e 100 °C, durante 30 minutos. Após o teste, observou-se deformação nas amostras bioplásticas, mas sem ocorrência de fraturas (Fig. 6), indicando uma resiliência estrutural mínima aceitável.

Destacou-se o bioplástico C, que apresentou menor grau de deformação em comparação com o bioplástico A. Esta maior estabilidade térmica poderá estar associada à presença de fibras da bananeira, que conferem estrutura e resistência à matriz do polímero. Este resultado é particularmente relevante para a seleção de bioplásticos mais robustos, que possam ser usados em substituição de plásticos convencionais em contextos exigentes, sem comprometer a integridade do material.

Assim, os ensaios térmicos demonstraram que o bioplástico C reúne melhores condições para aplicações que envolvam exposição a calor, acrescentando valor à sua viabilidade como alternativa ecológica, sustentável e funcional a plásticos sintéticos.

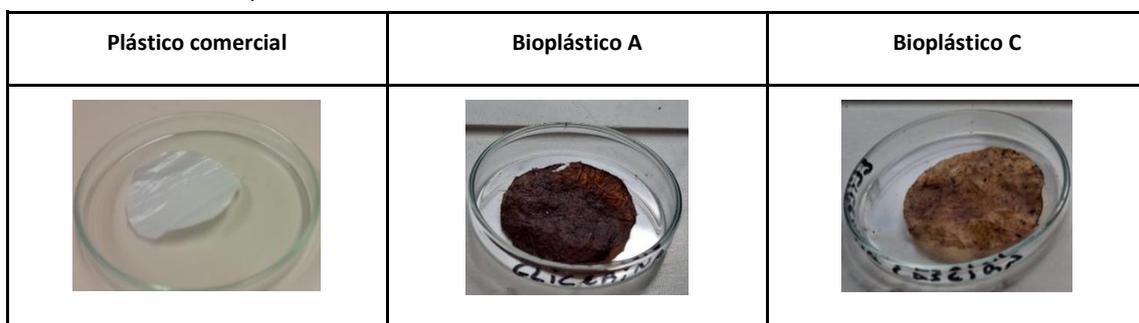


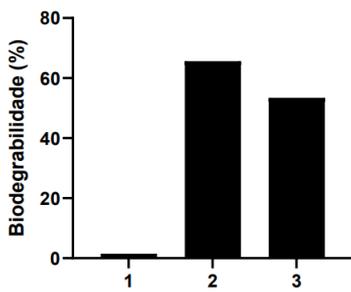
Figura 6. Observação macroscópica do plástico comercial e dos bioplásticos A e C após um ciclo de temperaturas de 40 a 100 °C, durante 30 minutos.

3.4. Avaliação da biodegradabilidade dos bioplásticos

Com base nas propriedades físicas, mecânicas e térmicas, os bioplásticos A e C foram selecionados para avaliação da sua biodegradabilidade em solo. Este ensaio tem particular importância no contexto do presente trabalho, uma vez que estes materiais foram concebidos não só como alternativas aos plásticos convencionais, mas também com o objetivo de serem incorporados diretamente no solo, onde se espera que se degradem naturalmente, sem deixarem resíduos tóxicos.

Após 30 dias de incubação a 25 °C, as amostras foram lavadas, secas e pesadas. Enquanto o plástico comercial permaneceu inalterado, os bioplásticos apresentaram degradação visível (Fig. 7). Os valores de biodegradabilidade gravimétrica foram de 65,65% para o bioplástico A e 53,4% para o bioplástico C (Fig. 8), confirmando o seu potencial como materiais biodegradáveis e sustentáveis.

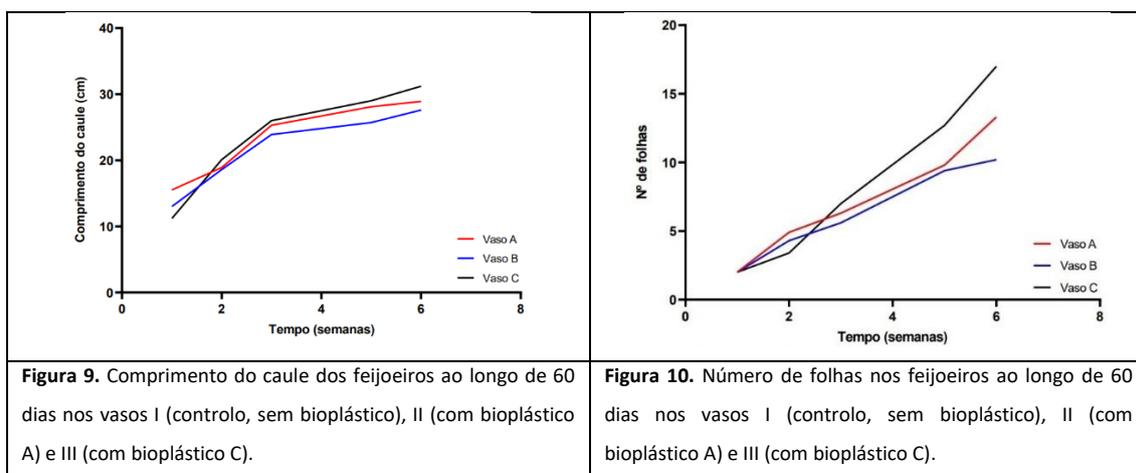
Além disso, durante o processo de biodegradação, os resíduos orgânicos presentes na composição dos bioplásticos (como fibras de bananeira, amido e glicerina) vão sendo progressivamente mineralizados, libertando compostos com valor fertilizante — como açúcares, compostos fenólicos, micronutrientes e ácidos orgânicos — que podem beneficiar o solo e promover o crescimento das plantas. Esta função dupla — substituir plásticos e atuar como biofertilizante natural — é particularmente relevante para a redução do uso de fertilizantes químicos sintéticos, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e com menor impacto ambiental.

1- Plástico comercial	2- Bioplástico A	3- Bioplástico C	
			
<p>Figura 7. Observação macroscópica das amostras analisadas após 30 dias de incubação a 25 °C em estufa: 1 – plástico comercial, 2 – bioplástico A, 3 – bioplástico.</p>			<p>Figura 8. Percentagem de biodegradabilidade do plástico comercial (1), bioplástico A (2) e bioplástico C (3), determinada com base na perda gravimétrica após incubação.</p>

3.5. Potencial dos bioplásticos na biofertilização do solo

A degradação controlada de materiais biodegradáveis no solo pode ser uma estratégia eficaz para introduzir gradualmente nutrientes no sistema agrícola, ao mesmo tempo que se promove a estruturação e vitalidade do solo. Assim, avaliar o potencial dos bioplásticos enquanto materiais biofuncionais capazes de estimular o crescimento vegetal é essencial para comprovar o seu valor prático e ambiental. Este tipo de aplicação reveste-se de particular relevância num contexto de transição para sistemas agrícolas mais regenerativos, com menor dependência de insumos químicos.

Para testar essa hipótese, foram realizados ensaios de crescimento com feijoeiros durante 60 dias, comparando-se vasos com bioplásticos com um vaso controlo (sem adição de bioplástico). Os bioplásticos A e C foram colocados na base das sementes, simulando a sua aplicação direta no solo. A monitorização do crescimento demonstrou que o bioplástico C promoveu um maior desenvolvimento das plantas, evidenciado por caule mais comprido e maior número de folhas (Figs. 9 e 10). Estes resultados sugerem que os compostos libertados durante a degradação dos bioplásticos podem ter atuado como bioestimulantes, favorecendo o desenvolvimento inicial dos feijoeiros e funcionando como biofertilizantes naturais.



3.6. Potencial dos bioplásticos na retenção de água no solo

A retenção de água no solo é um parâmetro essencial para a produtividade agrícola, particularmente em contextos onde a escassez hídrica e a irregularidade na precipitação se tornam cada vez mais frequentes. Este

fenômeno, fortemente agravado pelas alterações climáticas, contribui para a degradação da estrutura dos solos, a perda de matéria orgânica e a redução da capacidade produtiva dos ecossistemas agrícolas. Nesse sentido, torna-se urgente encontrar soluções que aumentem a resiliência hídrica do solo, minimizando o impacto da seca e garantindo a sustentabilidade das culturas.

Neste trabalho, avaliou-se o potencial dos bioplásticos A e C como materiais capazes de atuar como condicionadores de solo, promovendo a retenção de água. As amostras foram incorporadas em gobelés com solo húmido e submetidas a secagem em estufa a 50 °C durante 24 horas, simulando condições de elevada temperatura e perda acelerada de humidade. Os resultados demonstraram que ambos os bioplásticos contribuíram para uma maior retenção de água no solo em comparação com o controlo sem bioplástico (Fig. 11), sendo o bioplástico C o mais eficaz.

Estes dados reforçam a ideia de que, para além de serem biodegradáveis e biofertilizantes, os bioplásticos desenvolvidos neste estudo podem desempenhar um papel estratégico na mitigação dos efeitos das alterações climáticas, ao melhorar a capacidade do solo de conservar a água e sustentar o desenvolvimento das plantas em períodos de stress hídrico.

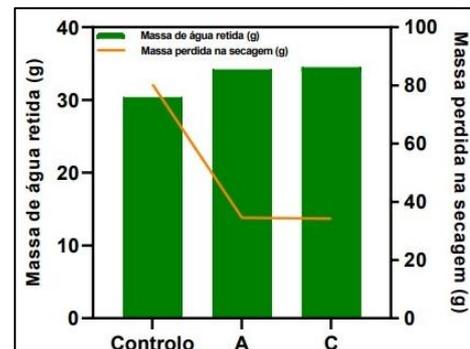


Figura 11. Retenção de água no solo do controlo (plástico comercial) e dos bioplásticos A e C.

4. Conclusão

O presente estudo demonstrou o elevado potencial de valorização dos resíduos de bananeira para o desenvolvimento de soluções ambientalmente sustentáveis, alinhadas com os desafios contemporâneos da poluição por plásticos, degradação dos solos e alterações climáticas.

Os biofiltros produzidos a partir de talo e pseudocaule de bananeira revelaram-se altamente eficazes na remoção de MPs do ar, evidenciando o seu valor como eco-tecnologia acessível e aplicável em sistemas de purificação doméstica ou industrial. Esta abordagem contribui para a mitigação de um tipo de poluição invisível, mas crescente, que compromete a qualidade do ar e a saúde humana.

Paralelamente, os bioplásticos obtidos a partir de resíduos vegetais demonstraram propriedades funcionais relevantes, nomeadamente biodegradabilidade, resistência térmica, efeito biofertilizante e capacidade de retenção de água no solo. Destacou-se, em particular, o bioplástico formulado com talo de bananeira, amido de maizena e glicerina caseira (produzida a partir de suco de cana-de-açúcar e vinagre de sidra), como o mais equilibrado e promissor para aplicações reais.

Adicionalmente, a utilização destes bioplásticos no solo revelou um efeito biofertilizante, promovendo o crescimento vegetal sem necessidade de fertilizantes químicos, ao mesmo tempo que melhorou a capacidade de retenção de água — aspeto crítico num cenário de crescente aridez e irregularidade climática. Esta função tripla — substituir o plástico, fertilizar o solo e mitigar os impactos da seca — confere aos bioplásticos desenvolvidos uma relevância prática excepcional.

Os resultados obtidos reforçam a urgência e viabilidade de apostar na valorização de resíduos agrícolas locais, como os da bananeira e da cana-de-açúcar, no âmbito de uma verdadeira economia circular regenerativa. A sua aplicação simultânea nas áreas da purificação do ar, fertilização do solo e conservação da água representa um caminho inovador e eficaz para enfrentar os grandes desafios ambientais da atualidade.

Assim, o reaproveitamento dos resíduos de bananeira revela-se uma solução ecológica multifuncional, com benefícios ambientais, económicos e sociais, posicionando-se como um contributo concreto para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e para um futuro mais resiliente e regenerativo.

5. Contribuições do trabalho

No desenvolvimento deste projeto tivemos o contributo da Professora Doutora Nereida Cordeiro Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia da Universidade da Madeira, que prestou todo o apoio a nível científico e facultou algum material necessário à concretização do mesmo. Os alunos do curso profissional de desenho de mobiliário e construções em madeira que auxiliaram na montagem do protótipo sob orientação do docente de Artes Visuais da nossa escola (Escola B+S Com Pré Escolar e Creche Bispo D. Manuel Ferreira Cabral), Marco Sousa.

6. Referências bibliográficas

- Afonso, E., Coelho, L., & Alves, S. (2017). O papel da bananeira e da cana-de-açúcar na preservação do meio ambiente. 25º Concurso Jovens Cientistas.
- Amato-Lourenço, L. F., Carvalho-Oliveira, R., Júnior, G. R., dos Santos Galvão, L., Ando, R. A., & Mauad, T. (2024). Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126587. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126587>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Bergami, E., Pugnali, S., Vannuccini, M., Manfra, L., Faleri, C., Savorelli, F., Dawson, K., & Corsi, I. (2017). Long-term toxicity of surface-charged polystyrene nanoplastics to marine planktonic species *Dunaliella tertiolecta* and *Artemia franciscana*. *Aquatic Toxicology*, 189, 159–169. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.06.008>
- Cauwenberghe, L. V., & Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>
- Cordeiro, N., Belgacem, M. N., Torres, I. C., & Moura, J. V. C. P. (2004). Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems. *Industrial Crops and Products*, 19(2), 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.09.001>
- Cunha, C., Lopes, J., Paulo, J., Faria, M., Kaufmann, M., Nogueira, N., Ferreira, A., & Cordeiro, N. (2020). The effect of microplastics pollution in microalgal biomass production: A biochemical study. *Water Research*, 186, 116370. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116370>
- Galloway, T. S., Cole, M., & Lewis, C. (2008). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, 1(5), 0116. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>
- Instituto do Vinho, do Bordado e do Artesanato da Madeira (IVBAM). (2015). *Relatório de Atividades 2015*. Governo Regional da Madeira. <https://ivbam.madeira.gov.pt/storage/uploads/ivbam/files/2015.pdf>
- Krause, T., Smith, J. A., & Thompson, R. C. (2024). Microplastics and human health: A review of potential impacts. *Environmental Science & Technology*, 58(3), 1234–1245. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04567>
- Lacerda, N. (2009). Produção de papel artesanal de fibra de bananeira: uma proposta de ensino de química por projeto. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília.
- Mendonça, A., & Vieira, T. (2021). A utilização da pasta celulósica da bananeira na remoção de microplásticos de águas contaminadas. 29º Concurso Jovens Cientistas.
- Nihart, L., Gonzalez, M., & Patel, R. (2025). Accumulation of microplastics in human brain tissue: A post-mortem analysis. *Journal of Environmental Health*, 84(2), 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.jeh.2025.02.005>
- Oliveira, L., Cordeiro, N., Evtuguin, D. V., Torres, I. C., & Silvestre, A. J. D. (2007). Chemical composition of different morphological parts from 'Dwarf Cavendish' banana plant and their potential as a non-wood renewable source of natural products. *Industrial Crops and Products*, 26(2), 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.03.002>
- Oliveira, L., Freire, C. S. F., Silvestre, A. J. D., Cordeiro, N., Torres, I. C., & Evtuguin, D. (2005). Steryl glucosides from banana plant *Musa acuminata* Colla var. Cavendish. *Industrial Crops and Products*, 22(2), 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.10.001>
- Oliveira, L., Freire, C. S. F., Silvestre, A. J. D., Cordeiro, N., Torres, I. C., & Evtuguin, D. (2006a). Structural characterization of lignin from leaf sheaths of banana plant "Dwarf Cavendish". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), 2598–2605. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0528310>
- Oliveira, L., Freire, C. S. F., Silvestre, A. J. D., Cordeiro, N., Torres, I. C., & Evtuguin, D. (2006b). Lipophilic extractives from different morphological parts of banana plant "Dwarf Cavendish". *Industrial Crops and Products*, 23(2), 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.05.006>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.03>