

ELABORAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS COM A INCORPORAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE LARANJA

Gleice Karoline dos Santos Alves¹; Jasamim Lemos Fonseca²; Sebastião Pereira Protázio²; Filipe Lima Silva¹; Paula Beatricy Weba Moreira²; Josilene Lima Serra Pereira³

RESUMO

A busca por uma embalagem mais sustentável é o fator que motiva o estudo da produção de filmes biodegradáveis, incorporados com óleo essencial da casca da laranja, como bioativo. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação determinando rendimento e densidade e a atividade antibacteriana por difusão de disco. Dos filmes foram analisados, espessura, umidade, solubilidade em água, opacidade e cor. A biodegradabilidade dos filmes foi conduzida durante 45 dias. O rendimento do óleo essencial foi de $3,43\% \pm 0,15$ e densidade 0,837. A umidade foi ($12,86 \pm 2,47\%$), solubilidade, atingindo o máximo de 85,00% e espessura mais fina ($0,10 \pm 0,01$ mm). O halo de inibição do OELA foi de 6 ± 0 mm para a bactéria *S. aureus*, $8,5 \pm 0,70$ mm. Para cor (L^*) teve um leve aumento, e de a^* e b^* , valores de ΔE variaram de 3,23 e 3,79 demonstrando homogeneidade e mudança de cor dos filmes com OELA. Os filmes com OELA se degradaram mais rapidamente, a concentração de 1% se degradou $100,0 \pm 00$ em 30 dias e as demais concentrações de OELA em 45 dias. Conclui-se que os filmes, incorporados com óleo essencial, são promissores para otimização da biodegradabilidade do material, o que oferece uma alternativa promissora aos plásticos convencionais.

Palavras-chave: Filme biodegradável; Polímeros bioativos; Sustentável; Frutas cítricas.

Financiamento: Projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

1 Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA, Campus São Luís - Maracanã; E-mail: gleicealves@acad.edu.br

1 Estudante do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA Campus São Luís - Maracanã; E-mail: limafilipe@acad.ifma.edu.br

2 Mestranda em Engenharia de Materiais do IFMA, Campus São Luís - Monte Castelo; E-mail: jasamim.fonseca@acad.ifma.edu.br.

2 Mestrando em Engenharia de Materiais do IFMA, Campus São Luís - Monte Castelo; E-mail: sebastiaoportunio@gmail.com.

2 Mestranda em Engenharia de Materiais do IFMA, Campus São Luís - Monte Castelo; E-mail: paula.moreira@ifma.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OEs) têm sido alvo de crescente interesse devido às suas diversas propriedades biológicas, que vão desde atividades antimicrobianas até antioxidantes. Originados de plantas aromáticas, esses compostos voláteis têm sido amplamente explorados em diversas áreas, incluindo alimentos, cosméticos e farmacêutica. No contexto dos óleos essenciais, o óleo essencial da casca de laranja se destaca não apenas por suas propriedades intrínsecas, mas também pela abundância da matéria-prima em regiões tropicais e subtropicais do mundo, como é o caso do Brasil, onde a *Citrus sinensis* var. *pera* (L.) Osbeck é amplamente cultivada (Borges et al., 2021).

O óleo essencial da casca de laranja é composto principalmente por substâncias como limoneno, linalol, felandrenos, mirceno e valenceno, sendo o limoneno o componente majoritário, conferindo-lhe suas características químicas e biológicas. Estudos têm evidenciado o potencial antimicrobiano desse óleo essencial, atribuído principalmente ao limoneno, que demonstra eficácia contra uma variedade de microrganismos, incluindo bactérias Gram-positivas (Pauletti et al., 2018; Simas et al., 2015).

Além disso, o uso de óleos essenciais, incluindo o da casca de laranja, tem sido explorado no desenvolvimento de embalagens bioativas, uma tendência em crescimento na indústria alimentícia (Simona et al., 2021; de Andrade, et al., 2021). Essas embalagens, com propriedades antimicrobianas, antioxidantes e biodegradáveis, representam uma alternativa promissora para prolongar a vida útil dos alimentos, reduzindo o uso de conservantes sintéticos e, conseqüentemente, o impacto ambiental (Ferreira et al., 2022).

Neste contexto, esta pesquisa se propõe a investigar a atividade antibacteriana do óleo essencial da casca de laranja. Além disso, busca-se explorar o potencial desse óleo essencial na formulação de embalagens bioativas e biodegradáveis. A compreensão desses aspectos contribuirá não apenas para o avanço científico nessa área, mas também para a promoção de práticas mais sustentáveis no setor de embalagens da indústria alimentícia.

2 METODOLOGIA

2.1 Extração do óleo essencial da casca do limão e atividade antifúngica

O óleo essencial foi extraído das cascas frescas de laranja pelo método de hidrodestilação, utilizando o extrator de Clevenger. Inicialmente as laranjas foram sanitizadas com uma solução de água sanitária com proporção 3:10. Após a sanitização, com muito cuidado as laranjas foram descascadas e pesadas. Para cada extração foram utilizadas 300g de casca de laranja, e água destilada como solvente, com proporção 1:10, as cascas e a água foram adicionadas ao balão de fundo chato do sistema de extração de Clevenger e submetida ao processo de extração durante o período de 4 horas a uma temperatura de 100°C. Após isso o óleo foi coletado, e para separar o óleo do excesso de água ele foi seco com sulfato de sódio anidro (Na₂SO₄). O rendimento e densidade do óleo obtido foram determinados através de cálculos, conforme Santos *et al.* (2004).

2.2 Determinação da atividade antibacteriana pelo método de difusão de disco do óleo essencial da casca da laranja (OELA)

A atividade antibacteriana do óleo essencial foi determinada pelos métodos de difusão de discos e microdiluição em caldo, conforme técnica recomendada pela Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI, 2018). As bactérias alvo utilizadas foram *Escherichia coli* ATCC 25922 e *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Inicialmente, as bactérias foram ativadas em caldo Brain Heart Infusion (BHI), por 24 horas. Essa cultura ativa foi inoculada em placas contendo o Ágar Muller Hinton. Após isso os discos estéreis foram mergulhados em óleo essencial e em seguida, os discos foram posicionados no centro das placas. As placas foram incubadas em estufa a 37°C por 24 horas, após esse período foram realizadas as leituras das placas e a medição dos halos de inibição com paquímetro digital. Os resultados foram expressos em milímetros.

2.3 Elaboração do filme com OELA

Os filmes foram obtidos utilizando uma solução aquosa, contendo polissacarídeo, glicerol como plasticizante, ácido cítrico e diferentes concentrações de óleo essencial da casca de laranja pera, incluindo também a elaboração de filme (controle) 0% de óleo essencial, conforme método descrito por Masuri *et al.* (2019). Os filmes foram caracterizados quanto a aspectos visuais, táteis, espessura, cor, umidade e solubilidade com base nos métodos descritos por Brasil *et al.* (2022), Fakhoury *et al.* (2012) e Luchese *et al.* (2018).

2.4 Avaliação da biodegradabilidade dos filmes com OELA

A biodegradabilidade dos filmes com OEL será avaliado durante 0, 15, 30 e 45 dias utilizando um sistema contendo solo natural (pH ~6) e umidade de 40%, conforme método

adaptado por Da Costa et al. (2023). Durante esse período serão determinados a umidade do solo, umidade dos filmes e perda de peso dos filmes. Os resultados serão expressos em percentual.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Rendimento do óleo essencial da casca de limão e atividade antifúngica

A tabela 1 apresenta os resultados referentes ao rendimento médio, densidade relativa do óleo essencial da casca da laranja.

Tabela 1. Rendimento médio e densidade relativa do OELA laranja Pêra (*Citrus sinensis*)

Espécie	Variedade	Rendimento (%v/p)	Densidade relativa (m/m)
<i>Citrus</i>	Laranja	3,43% ± 0,15	0,837

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A densidade relativa encontrada está próxima ao descrito nos estudos de Borges et al. (2021) na qual a densidade do OELA de laranja pera foi determinada como $0,848 \pm 0,01$. Os resultados de rendimento e densidade corroboram com os encontrados na literatura e as diferenças podem ser explicadas devido ao método de extração; armazenamento das cascas; qualidade do fruto devido época de colheita, solo de cultivo, clima e umidade relativa do ar na região momento da coleta do fruto (Santos et al., 2004; Hussain et al., 2008; Sousa et al., 2005).

3.2 Atividade antibacteriana do óleo essencial e dos filmes

O óleo essencial da casca do laranja Pêra apresentou um baixo espectro de ação da atividade antibacteriana frente a bactéria *E. coli* pelo método de difusão de disco, com halo de exibição de 6 ± 0 mm. Para a bactéria *S. aureus*, o óleo essencial também apresentou um baixo efeito inibitório, com um halo de inibição de $8,5 \pm 0,70$ mm. Em contrapartida, para o teste utilizando o antibiótico gentamicina que foi utilizada como controle, apresentou bons halos de inibição de 17 mm para *E. coli* e 18 mm frente a bactéria *S. aureus*, demonstrando a sensibilidade desses microrganismos ao antimicrobiano comercial.

Essa baixa atividade pode estar relacionada ao baixo teor de limoneno já que limoneno é o principal responsável pela ação antimicrobiana presente no óleo

essencial de laranja que rompe as membranas celulares, pois esse composto possui a habilidade de penetrar as paredes celulares, e promover a liberação do citoplasma, inibindo o crescimento micelial causando-lhe a morte celular (Souza., 2023).

3.3 Produção dos filmes e aspectos visuais

A Tabela 2 mostra os resultados das propriedades físicas dos filmes incorporados com óleo essencial de laranja (OELA.). Esses resultados mostram que os filmes comestíveis desenvolvidos apresentaram variações nas propriedades físico-químicas em função da concentração do OELA. O filme controle apresentou umidade de $17,17 \pm 0,84\%$ e espessura de $0,15 \pm 0,01$ mm. A adição de OELA a 0,5% resultou na formulação de menor umidade ($12,86 \pm 2,47\%$), indicando maior capacidade de barreira ao vapor de água, enquanto as concentrações mais elevadas (OELA 1% e 2%) aumentaram o teor de umidade para $22,86\%$. Quanto à espessura, a incorporação do OELA tendeu a produzir filmes mais finos em comparação ao controle, sendo a formulação OELA 1% a mais fina ($0,10 \pm 0,01$ mm).

Tabela 2. Propriedades físicas dos filmes com e sem a incorporação do OELA.

<i>Filme</i>	Umidade (WC%)	Solubilidade (SD%)	Espessura
FC (OELA 0%)	17,17±0,84	55,19±5,01	0,15±0,01
OELA 0,5%	12,86±2,47	66,67±0,00	0,12±0,01
OELA 1%	22,86±4,95	85,00±13,3	0,10±0,01
OELA 2%	22,86±2,89	85,00±0,00	0,11±0,03

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Nos estudos de Silva (2024), podemos comparar os resultados de umidade, onde quanto a adição de óleo essencial aumentou a capacidade de retenção de água dos filmes aumentaram. Mesmas similaridades podemos ser vistas nos resultados obtidos no nosso estudo.

A solubilidade dos filmes foi o parâmetro mais impactado pela adição do OELA. O filme controle apresentou solubilidade de $55,19 \pm 5,01\%$. Em contraste, todas as

formulações com aditivo demonstraram um aumento acentuado na solubilidade, atingindo o máximo de 85,00% para as concentrações de 1% e 2%. Esse aumento na solubilidade sugere que o OELA melhora a interação do filme com a água, dissolvendo mais facilmente em meio aquoso. Ainda nos resultados de Silva (2024), também obteve semelhanças onde, quanto menor o óleo menor a solubilidade e quanto maior a concentração de óleo maior foi a solubilidade.

A tabela 3 mostra a análise de cor dos filmes poliméricos produzidos com e sem a incorporação do OELA. O filme controle apresentou luminosidade (L^*) de $57,23 \pm 0,32$, e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* negativas ($-3,04 \pm 0,16$ e $-3,42 \pm 0,17$, respectivamente), indicando tonalidades para o verde e azul. Em geral, a incorporação do óleo essencial (F2, F3 e F4) resultou em um leve aumento na luminosidade (L^*), variando de 58,46 a 60,01, em comparação ao controle. Em relação às coordenadas de cromaticidade, a adição do OELA tendeu a reduzir a intensidade dos parâmetros a^* e b^* .

Tabela 3. Cor dos filmes biopoliméricos.

Formulação	L^*	a^*	b^*	ΔE
EC	$62,30 \pm 0,27$	$-1,77 \pm 0,17$	$-1,77 \pm 0,40$	$5,59 \pm 0,58$
F1 (0%)	$61,2 \pm 0$	$-2,321 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0$	$5,69 \pm 0,29$
F2 (0,5%)	$58,46 \pm 0,08$	$-2,41 \pm 0,22$	$-0,87 \pm 0,11$	$3,35 \pm 0,39$
F3 (1%)	$60,01 \pm 0,13$	$-2,72 \pm 0,13$	$-1,99 \pm 0,20$	$3,79 \pm 0,29$
F4 (2%)	$58,65 \pm 0,06$	$-2,91 \pm 0,09$	$-0,53 \pm 0,16$	$3,23 \pm 0,39$

Legenda: Médias \pm Desvio Padrão. EC (Embalagem Comercial); F1: (Filme apenas com amido); F2 (Filme com adição de 0,5% de Óleo essencial da casca da laranja); e F3 (Filme com adição de 1% de Óleo essencial da casca da laranja); F4 (Filme com adição de 2% de Óleo essencial da casca da laranja); a^* : indica do vermelho (+) a verde (-); L^* : mede a luminosidade; b^* : indica do amarelo (+) a azul (-).

A diferença total de cor (ΔE) foi calculada para quantificar o desvio de cor entre cada filme com OELA e a embalagem comercial. Todas as formulações avaliadas exibiram uma diferença de cor perceptível ($\Delta E > 3$). O EC (Embalagem Comercial) e o F1 (0%) apresentaram os maiores valores de diferença total de cor ($\sim 5,6$), indicando que os filmes são visualmente mais claros e distintos dos demais filmes. Os filmes com a adição do óleo essencial (F2, F3 e F4) tiveram valores de ΔE menores, variando entre

3,23 e 3,79, sugerindo que, as formulações F2, F3 e F4 são visualmente mais homogêneas entre si e que o aumento da concentração do óleo não afetou a cor dos filmes.

3.3 Biodegradabilidade dos filmes sem e com adição do OELA

A perda de peso das formulações foi avaliada ao longo de 45 dias, conforme apresentado na Tabela 4. Nos primeiros dias do ensaio, as perdas de peso variaram no dia 5 de $33,3 \pm 16,7\%$ (F4, 2% de óleo) a $47,62 \pm 6,4\%$ (F3, 1% de óleo). No dia 10, as formulações com óleo essencial (F2, F3 e F4) apresentaram perdas menores que o filme de amido puro (F1), com valores em torno de 30–33%, enquanto F1 manteve $40,0 \pm 17,3\%$.

Tabela 4. Análise da perda de peso dos filmes biopoliméricos.

Filmes	Dia 5	Dia 10	Dia 15	Dia 30	Dia 45
F1 (0%)	$40,21 \pm 6,0$	$40,0 \pm 17,3$	$42,1 \pm 8,4$	$67,6 \pm 29,3$	$72,7 \pm 6,8$
F2 (0,5%)	$42,86 \pm 13,2$	$30,4 \pm 13,9$	$50,0 \pm 21,4$	$52,4 \pm 8,2$	$100,0 \pm 0,0$
F3 (1%)	$47,62 \pm 6,4$	$33,3 \pm 28,9$	$72,2 \pm 9,6$	$100,0 \pm 0,0$	$100,0 \pm 0,0$
F4 (2%)	$33,3 \pm 16,7$	$31,0 \pm 27,0$	$88,6 \pm 19,2$	$80,6 \pm 17,3$	$100,0 \pm 0,0$

Legenda: F1: (Filme apenas com amido); F2 (Filme com adição de 0,5% de Óleo essencial da casca da laranja); e F3 (Filme com adição de 1% de Óleo essencial da casca da laranja); F4 (Filme com adição de 2% de Óleo essencial da casca da laranja).

No entanto, a incorporação do OELA acelerou a perda de peso a longo prazo. O filme de amido puro (F1) demonstrou um processo mais lento, atingindo $72,7 \pm 6,8\%$ de perda apenas no dia 45. Em contrapartida, o filme F3 (1% de OELA) apresentou uma desintegração mais rápida, alcançando $100,0 \pm 0,0\%$ de perda de peso já no dia 30. As demais formulações com óleo essencial (F2 e F4) também atingiram a perda total ($100,0 \pm 0,0\%$) até o dia 45 (Figura 1). Esses resultados indicam que a adição de OELA, particularmente na concentração de 1%, comprometeu a integridade estrutural do filme, acelerando significativamente sua desintegração em contato com o solo.

Essa diferença acontece porque a biodegradação é um fator complexo, que varia, pois, a biodegradabilidade depende das condições do meio e compostagem, dos tipos de microorganismos e da estrutura polimérica. Esse processo envolve grande variedade de microorganismos que atuam na degradação desses biopolímeros (Tavares et al., 2024; Santos et al 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As formulações de filmes poliméricos de amido com a incorporação do óleo essencial da casca de laranja apresentaram alterações nas características físicas com o aumento da concentração do óleo, incluindo aumento da umidade e da solubilidade, e redução da espessura, além de uma coloração estável que não comprometeu a aparência final do material. Apesar do óleo essencial não ter conferido bioatividade frente as bactérias avaliadas, a incorporação do óleo essencial demonstrou ser um agente eficaz na modulação da desintegração do filme no solo, contribuindo para um aumento significativo na perda de peso e acelerando o processo de biodegradabilidade do material, especialmente na concentração de 1% de OELA. Esta característica de rápida degradação é fundamental em materiais sustentáveis e reforça o potencial do OELA para otimizar o *design* de biopolímeros sem comprometer suas propriedades físicas essenciais. Além de conferir um aroma agradável característico desse óleo cítrico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a FAPEMA, pela concessão da bolsa de iniciação científica, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão Campus São Luís - pela estrutura dos laboratórios para a concretização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BORGES, G. B. V.; MACHADO, A. M. de R.; GOMES, F. de C. O.; GARCIA, C. F. Extraction, characterization and microbiological evaluation of essential oils from commercial citrus waste. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e1110716126, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16126. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16126>. Acesso em: 5 mar. 2024.

BRASIL, G. V. DA S., RAPOSO, A. K. DA S., RIBEIRO, G. A. C., SANTOS, D. M., FIRMO, W. DA C. A., LOPES, I. A., LUZ, D. A. DA, PAIXÃO, L. C., SANTANA, A. A., & COSTA, M. C. P. Incorporação de pólen de abelha Tubi (*Scaptotrigona* sp) em filmes biodegradáveis de alginato, pectina e amido. **Research, Society and**

Development, v. 11, n. 9, e11711931603, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31603>

CLSI-Clinical and Laboratory Standards Institute. **M07-A10 Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically**; Approved Standard-Tenth Edition (10th ed., v. 35), 2015.

Da COSTA, R. D. et al. Development and properties of biodegradable film from peach palm (*Bactris gasipaes*). **Food Research International**, v. 173, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113172>.

de ANDRADE, M. F., SILVA, I. D. De L., de CERQUEIRA, G. R., de ALMEIDA, Y. M. B., VINHAS, G. M. Caracterização térmica de filmes ativos biodegradáveis de PBAT aditivados com óleo de laranja. *Brazilian Journal of Development*, n. 7, v. 8. 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-685>

FAKHOURY, F. M., MARIA MARTELLI, S., CANHADAS BERTAN, L., YAMASHITA, F., INNOCENTINI MEI, L. H.; COLLARES QUEIROZ, F. P. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT**, v.49, n. 1, p. 149–154, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.04.017>.

FERREIRA, Lilian Raquel Moretto et al. Inovação nanotecnológica em embalagens bioativas para alimentos perecíveis—uma revisão. **Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial**, v. 15, n. 2, 2022. Acesso em: 28 fev. 2024.

HUSSAIN, A. I. Et al. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 986-995, 2008. Disponível em: DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.12.010. Acesso em: 28 mar. 2025.

LUCHESE, C. L. Et al. Impact of the starch source on the physicochemical properties and biodegradability of different starch-based films. **Journal of Applied Polymer Science**, v.135, n.33, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.46564>. Acesso em: 10 jan. 2025.

PAULETTI, G. F.; SILVESTRE, W. P. Óleo essencial cítrico: produção, composição e fracionamento. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wendel_Silvestre/publication/332229707_Oleo_essencial_citrico_producao_composicao_e_fracionamento/links/5ca75dd34585157bd323e5b9/Oleo-essencialcitrico-producao-composicao-e-fracionamento.pdf. Acesso em: 23 fev. 2024.

SANTOS, A. S. *et al.* **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

SANTOS, B. Biodegradabilidade de filmes baseados em biopolímero e óleo essencial de erva-doce. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual Paulista (FEIS), Ilha Solteira. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/204387>. Acesso em: 06 set. 2025

SIMAS, D. L. et al. Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. **Citrus Research & Technology**, Centro de Citricultura Sylvio Moreira/Instituto Agrônomo, v. 36, n. 1, p. 15–26, 2015. Disponível em: <https://citrusrt.cesm.br/article/doi/10.5935/2236-3122.20150003>). Acesso em: 03 mar. 2024.

SIMONA, J; DANI, D.; PETR, S.; MARCELA, N.; JAKUB, T.; BOHUSLAVA, T. Edible Films from Carrageenan/Orange Essential Oil/Trehalose-Structure, Optical Properties, and Antimicrobial Activity. **Polymers** (Basel). n.13, v. 3. 2021. doi: 10.3390/polym13030332.

SILVA, A. U. et al. Desenvolvimento de embalagem ativa com propriedades antimicrobianas à base de farinha de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) para conservação de carne de coelho. 2024. Acesso em: 10 abr. 2025.

SOUSA, L. A. et al. Sazonalidade dos ductos secretores e óleo essencial de *Foeniculum vulgare* var. *vulgare* Mill. (Apiaceae), 2005. **Rev Bras Farmacogn** 15: 155-161. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102695X2005000200015>. Acesso em: 24 mar. 2025.

SOUZA, Fernanda Gubert. Extração de óleo essencial da casca de laranja” pera” (*Citrus sinensis* L. Osbeck) por hidrodestilação: caracterização química e atividade antimicrobiana. 2023. Acesso em: 26 mar. 2024.

TAVARES, Alan Vinícius Wanderley et al. Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a base de fécula de batata e glicerol utilizando planejamento Box-Behnken. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 11, p. e7581-e7581, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n11-014>. Acesso em: 07 set. 2025.