

## **Propriedades de biofilmes de poli (ácido láctico) com adição de óleo essencial de *Eucalyptus globulus***

Natalia Durigon Melo<sup>1</sup>; Polliana D'Angelo Rios<sup>1</sup>; Camila Alves Corrêa<sup>1</sup>; Rodrigo Schmitz<sup>1</sup>;  
Lucas de Lima Ribeiro<sup>1</sup>; Romulo Koeche<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Departamento de Engenharia Florestal, Lages/SC, Brasil – ndurigonmelo@edu.udesc.br

**Resumo:** A consciência da atualidade trouxe a necessidade de buscar materiais oriundos de fontes renováveis e biodegradáveis, deste modo, surgem os filmes biodegradáveis que apresentam potencial para substituição de polímeros sintéticos na fabricação de embalagens. Dentro dos biofilmes surge o composto poli (ácido láctico), qual apresenta grande potencial como polímero biodegradável para utilização em larga escala. Ainda, na linha dos biofilmes existe a possibilidade da introdução de aditivos e por consequência desenvolvimento de embalagens ativas que são aquelas que por exemplo interagem com o produto com potencial antioxidante e bem como controle das atividades antimicrobianas. Diante ao exposto, os óleos essenciais são uma ótima alternativa para atuar juntamente aos filmes, devido seus componentes que diferentes competências. Conforme a realização do levantamento bibliográfico para realização do estudo, denotou-se a ausência de estudos acerca da produção de biofilmes de poli (ácido láctico) com incorporação de óleo essencial de *Eucalyptus globulus*.

**Palavras-chave:** filmes biodegradáveis, eucalipto-azul, PLA.

## **Properties of poly (lactic acid) biofilms with the addition of *Eucalyptus globulus* essential oil**

**Abstract:** The awareness of current times has brought about the need to seek materials from renewable and biodegradable sources. As a result, biodegradable films have emerged, showing potential to replace synthetic polymers in packaging production. Among these biofilms is poly (lactic acid), a compound with great potential as a biodegradable polymer for large-scale use. Additionally, in the realm of biofilms, there is the possibility of introducing additives, which leads to the development of active packaging. These are packaging materials that, for example, interact with the product, offering antioxidant potential and also controlling antimicrobial activities. Given this context, essential oils are an excellent alternative to be used in conjunction with these films, due to their components, which have different properties. According to the literature review conducted for this study, there is a notable lack of research on the production of poly (lactic acid) biofilms with the incorporation of *Eucalyptus globulus* essential oil.

**Keywords:** Amazon, Forest, Energy of biomass.

### **1. INTRODUÇÃO**

Diante da dificuldade na reutilização de embalagens sintéticas, surge a necessidade ampliação de pesquisas acerca do desenvolvimento de materiais

degradável ao tempo de vida humano, com propriedades similares às sintéticas, de modo a possibilitar a substituição dessas (Mali, Grossmann, Yamashita, 2010).

O poli (ácido láctico) é um poliéster linear alifático termoplástico, oriundo de fontes renováveis e um forte candidato à substituição de polímeros tradicionalmente utilizados para obtenção de plásticos e/ou tecidos, sendo esses: polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno tereftalato (PET) e poliestireno (PS) (Carrasco *et al*, 2009).

No entanto, estudos realizados até o momento manifestam a eficácia de conceder propriedades desejáveis aos filmes biodegradáveis, por meio da introdução de materiais que as possuem. A utilização de óleos essenciais em certas quantidades em filmes utilizados em embalagens, pode aumentar a resistência ao vapor de água, bem como atribuir propriedades antioxidantes e antimicrobianas ao material (Carpena, 2021).

O óleo essencial de *Eucalyptus globulus* é popularmente utilizado em tratamentos de doenças do trato respiratório devido às suas atuações benéficas. Além disso, possui propriedades antibióticas, antifúngicas e antioxidantes, essas são de suma importância para produtos perecíveis.

Por fim, o presente estudo buscou em literaturas as propriedades tanto do poli (ácido láctico) (PLA), quanto do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* visando um possível desenvolvimento de biofilmes de PLA com o óleo, para obtenção de embalagens ativas.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Filmes biodegradáveis**

Um filme, caracteriza-se por ser uma rede de polímeros de interação extensiva. Biofilmes são caracterizados pela sua espessura fina e sua formulação contar com materiais de origem biológica, os quais atuam como barreiras ao meio externo visando a proteção e ainda aumentar o tempo útil de certos produtos embalados com eles. (Henrique M. C., Cereda M. P., Sarmiento S. B. S., 2008).

Atualmente, a aplicação em larga escala de filmes biodegradáveis, de amido ou outras macromoléculas biológicas depende diretamente de questões como o processo de produção e as propriedades desses materiais (Mali, Grossmann, Yamashita, 2010).

Conforme descrito por Peterson, Standing (2005), existem três possíveis categorias: hidrocoloídes, lipídicos e compostos.

#### 2.1.1 Filmes com incorporação de aditivos

Em razão ao desenvolvimento de pesquisas demonstrando os benefícios e utilizações dos filmes biodegradáveis, surgem também as possibilidades do aprimoramento desses materiais.

Bukzem *et al.* (2012), em seu estudo testou a formação de filmes biodegradáveis a base de fécula de mandioca e bagaço de cevada utilizando o método de extrusão termoplástica, encontrou resultados promissores como embalagens quais os produtos necessitam de hidratação em prateleira.

Junqueira (2009), em sua pesquisa constata que filmes biodegradáveis obtidos a partir de material celulósico com adição de ácido ascórbico e ácido cítrico são eficientes na prevenção do escurecimento de batatas descascadas. Esse resultado pode incentivar o consumo por pessoas com deficiências ou com rotinas cheias.

#### 2.1.2 Filmes de poli (ácido lático) – PLA

O poli (ácido lático), difundido pela sigla PLA, é constituído por um poliéster, com propriedades hidrofóbicas, cujo apresenta instabilidade em condições úmidas e de caráter biodegradável e não tóxico, encontrado no metabolismo de animais de micro-organismos, tal polímero é produzido a partir da polimerização do ácido lático oriundo comumente da fermentação do milho ou da cana-de-açúcar (Bhardwaj; Mohanty, 2007; Drumond, Wang, 2004).

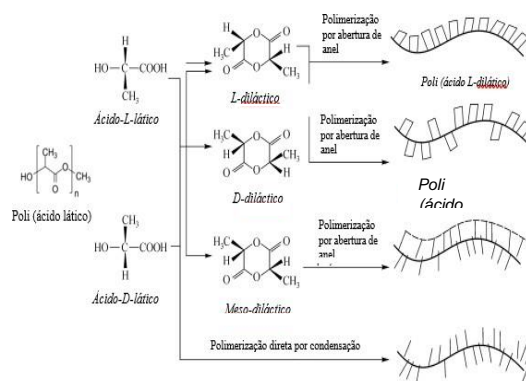
Por volta de 1932 foi produzido pela primeira vez e patenteado em 1954 pela empresa DuPont, entretanto ficou em esquecimento devido à instabilidade que apresentoudiante a reações hidrolíticas quais ocasionavam sua degradação.

Segundo Falcone *et al.* (2007), em um panorama mundial, os países que se destacam na produção de biopolímeros são o Japão e Estados Unidos da América (EUA).

A figura 1, representa a síntese do PLA, qual tem início na extração de açúcares provenientes de vegetais (milho, cana-de-açúcar, batata etc.), seguido da sua conversão em dextrose. Essa dextrose sofrerá uma fermentação bacteriana resultando em um monômero de ácido lático. Esse monômero em presença de

catalisador pode ser transformado em lactídeo, podendo via destilação a vácuo ser purificado. A polimerização pode ser realizada por poli condensação direta do ácido láctico ou por polimerização pela constituição de lactídeos através da abertura de anel do lactídeo dimérico (Bajpai, Singh, Madaan, 2014; Rasal, Janorkar, Hirt, 2010).

**Figura 1. Síntese do PLA**



Fonte: Adaptado de Cheng et al, 2009.

O PLA, atualmente vem sendo amplamente utilizado pela indústria médico-farmacêutica para liberação controlada de compostos (*controlled drug delivery* – CDD) (Lassalle, Ferreira, 2007).

Em estudo desenvolvido por Lima *et al.*, (2021), qual visava o desenvolvimento de bio-filmes a base de PLA com incorporação de óleos essenciais de diversas espécies buscando a produção de embalagens ativas com potencial substitutivo para polímeros advindos do petróleo, concluí que há redução e inibição do desenvolvimento de colônias bacterianas nesses biofilmes em especial o filme com óleo essencial de cravo-da-índia, uma espécie pertencente à família *Myrtaceae*, sugerindo estudos futuros desse material com alimentos.

## 2.2 Óleos Essenciais

Os óleos essenciais são caracterizados por serem materiais complexos, com alta volatilidade, com forte odor. Apresentam-se em plantas aromáticas. Sua extração geralmente realizada por calor ou hidro-destilação (Bakkali *et al.*, 2008).

O desenvolvimento desse setor da indústria no Brasil, deu-se devido à falta de produtos no mercado internacional com o estouro da segunda guerra mundial. (Silveira, 2012). Segundo o estudo desenvolvido por Biesek *et al.*, (2022), o Brasil já exportou cerca de 7520 toneladas de óleos essenciais de espécies pertencentes ao

gênero *Eucalyptus*, sendo 47% desse valor, somente nos últimos 10 anos

### 2.3.1 *Eucalyptus globulus*

Conhecido popularmente por eucalipto azul, trata-se de uma árvore perenifólia, com altura variando de 20 a 50 metros, portanto uma árvore de grande porte, apresenta casca áspera e com maior persistência na parte inferior da árvore. É uma espécie mundialmente distribuída e apresenta grande potencial para extração de óleo essencial foliar (Lorenzi, 2000; Flores *et al*, 2016; Vitti, Brito, 2003).

Existem 4 subespécies de *E. globulus* com potencial para produção de óleos essenciais. Importante ressaltar que o rendimento do óleo essencial extraído das folhas dessas diferentes subespécies pode variar conforme demonstra a tabela 1 (Vitti, Brito, 2003, apud boland *et al.*, 1991).

**Tabela 1.** Espécies de *E. globulus* com seus respectivos rendimentos de óleos essenciais foliares.

Espécie	Rendimento
<i>E. globulus</i> subesp. <i>bicostata</i>	1,7 a 2%
<i>E. globulus</i> subesp. <i>globulus</i>	1,4 a 2,4%
<i>E. globulus</i> subesp. <i>maidenii</i>	2,2 a 2,8%
<i>E. globulus</i> subesp. <i>pseudoglobulus</i>	4,0 a 5,6%

Onde: Rendimento: rendimento encontrado de óleo nas folhas das espécies.

Fonte: Adaptado de Vitti e Brito, 2003.

Os principais componentes dos óleos essenciais presentes nas folhas de *E. globulus* são o 1,8-cineol e o  $\alpha$ -pineno e o limoneno com suas estruturas químicas demonstradas na figura 4 (Mendes *et al*, 2016).

O 1.8-cineol possui usos diversos variando em tratamentos de doenças do trato respiratório humano como por exemplo asma, problemas cardiovasculares, também é muito utilizado devido suas propriedades antioxidantes, ação anti-inflamatória, anticancerígenas e antimicrobianas, o  $\alpha$ -pineno apresenta propriedades antioxidantes e o limoneno está relacionado também a característica antimicrobiana (Vitti, Brito, 2003; Cai, *et al*, 2020; Amorati, *et al*, 2013, Silveira, 2012).

## 2.3 Embalagens ativas x embalagens passivas

O conceito tradicional de embalagem é o de envolvimento, proteção e contenção do produto qual nela está até sua venda, buscando a preservação do produto a degradação, sendo propiciada através da minimização de ações bioquímicas, microbiológicas e químicas (Sarantópoulos, Moraes, 2009), atualmente essas embalagens são conhecidas como passivas.



Nos últimos anos, o desenvolvimento de novas embalagens biodegradáveis levou ao aprimoramento de técnicas que permitem a introdução de compostos para corrigir as deficiências das embalagens passivas, sendo o resultado desse, denominado embalagem ativa (Dantas *et al*, 2015).

As embalagens ativas, também, podem ter a função de denotar as mudanças ao seu entorno e responder com alterações e suas propriedades, podendo ser relacionadas a absorção de oxigênio, de etileno, odores e até mesmo a umidade. Ainda, existem embalagens ativas com a capacidade de liberar compostos antimicrobianos (Sarantópoulos, Fernandes, 2001).

Ponce *et al*, (2009), aprofundaram-se no estudo e desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas para maçã, utilizando poli(capactona) e nano partículas de prata. Com esse estudo, conseguiram comprovar a eficiência, devido ao retardamento no aparecimento de fungos e escurecimento do material por até 40 dias. Deste modo destacando a importância e necessidade no desenvolvimento de embalagens ativas que prolonguem e preservem produtos alimentícios evitando sua degradação e desperdício.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a revisão bibliográfica, constatou-se que foram encontradas poucas informações cerca de filmes de PLA com a incorporação de óleo essencial de *Eucalyptus globulus*.

Deste modo, destaca-se a necessidade da condução de estudos futuros, visto que o óleo extraído da espécie possui ótimas propriedades podendo agregar características desejáveis aos filmes, podendo comprovar e difundir os benefícios dessa em embalagens ativas e com potencial para substituição de embalagens passivas mundialmente utilizadas atualmente.

### 4. REFERÊNCIAS

AMORATI R. et al. - **Antioxidant activity of essential oils**. J. Agric. Food Chem. 2013.

BAJPAI, P. K.; SINGH, I.; MADAAN, J. **Development and characterization of PLA based green composites**. Journal of Thermoplastic Composite Materials, [s. l.], v. 27, n.1, p. 52–81, 2014.

BAKKALI, F. et al. - **Biological effects of essential oils: a review**. Food and Chemical Toxicology, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BHARDWAJ, R.; MOHANTY, A. K. **Advances in the properties of polylactides based materials: a review**. Journal of Biobased Materials and Bioenergy, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 191–209, 2007.

BIESEK, I. G. C. - **Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil**. Revista fitos 2022.

BIZZO H. R., et al. **Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas**. Quím. Nova 32 (3). 2009.

BUKZEM, A. L. et al - BUKZEM, A. L. et al - **Filmes biodegradáveis base de fécula de mandioca e bagaço de cevada obtidos por extrusão termoplástica**. Revista Agrotecnologia, v. 3, n. 2, p.89-107. Anápolis:2012

CAI, Z. M. et al. - **1,8-Cineole: a review of source, biological activities, and application**. Journal of Asian Natural Products Research, v. 23, p. 938-954, 2021.

CARPENA M. et al – **Essential oils and their application on active packaging systems: A Review**. Resources 2021, 10, 7.

CHENG, Y. et al. **Polylactic acid (PLA) synthesis and modifications: a review**. Frontiers of chemistry in China, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 259–264, 2009.

DANTAS et al - **Caracterização e avaliação das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais**. Ciência Rural, v.45, n.1,p.142-148, jan, Santa Maria – RS: 2015.

DRUMOND, W. S.; WANG, S. H.; MOTHÉ, C. G.; **Síntese e caracterização do copolímero poli (ácido lático-b-glicol etilênico)**; Polímeros: Ciência e Tecnologia, 14, 2, 74-79, 2004.

FALCONE, D. M. B. et al. - **Panorama setorial e perspectivas na área de polímeros biodegradáveis**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 1, p. 5-9, 2007.

FLORES T. B., et al – **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. IPEF, Piracicaba: 2016.

GONTIJO, D. de O. - **Silvicultura do eucalipto: principais espécies cultivadas no Brasil e suas características**. TCC/UFPR – Curitiba: 2018.

JUNQUEIRA M. da S. et al - **Efeito de embalagens ativas no escurecimento enzimático de batatas (*Solanum tuberosum*) fatiadas e minimamente processadas**. Semina: Ciências Agrárias, vol. 30, núm. 3, julho-septiembre. Londrina: 2009, pp. 613-618

LASSALLE V., FERREIRA M. L. - **PLA Nano- and Microparticles for Drug Delivery: An Overview of the Methods of Preparation**. Macromolecular Bioscience. v. 7.

LORENZI H., et al. - **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. p. 271.

LIMA J. C. da C. - **Estudo e influência dos óleos essenciais de cravo, canela e laranja na preparação de filmes de poli (ácido láctico): desenvolvimento de embalagens ativas**. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, e41810414340, 2021.

MALI S., GROSSMANN M. V. E., YAMASHITA F., - **Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização**. Semina: Ciências Agrárias, vol. 31, núm. 1, fev-mar, Londrina PR: 2010, pp. 137-155

MENDES L. A. – **Óleos essenciais em *Myrtaceae***. Tópicos especiais em Produção Vegetal VI [e-book] – Organizado por: FERREIRA, A. /– Alegre, ES: CAUFES, 2016. p. 110-144.

MONTEIRO, N. F. - **Atividade do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* no controle de bactérias da cavidade oral**. Research, Society and Development, v. 10, n.14, e59101420091, 2021.

PEREIRA, J.C.D. et al. - **Características da madeira de algumas espécies de eucaliptoplantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PETERSSON, M.; STADING, M. **Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-monoglyceride films and effect of film forming conditions**. Food Hydrocolloids, Oxford, v.19, n.2, p.123-132, 2005.

PIATI A., et al. – **Efeito in vitro do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* sobre crescimento e desenvolvimento de *Penicillium sp.*** Semina: Ciências Agrárias, vol. 32,núm. 3, julio-septiembre, 2011, pp. 1033-1040. Londrina: 2011.

PONCE, P., et al - **Filmes biodegradáveis produzidos com poli(caprolactona) (PCL) e nanopartículas de prata: embalagens ativas para maçã**. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros. Foz do Iguaçu, PR: 2009

RASAL, R. M.; JANORKAR, A. V; HIRT, D. E. **Poly (lactic acid) modifications. Progress in polymer science**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 338–356, 2010.

SILVEIRA A. C. da LAZZAROTTO M. – **Óleos essenciais de espécies de eucaliptos**. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. (Ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 18. p.724- 750.

SARANTÓPOULOS C. I. G. L., FERNANDES T. – **Embalagens ativas: uma nova geração de embalagens para frutas e hortaliças**. CETEA informativo, Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagens, vol 13º nº 3. Jul-ago-set. 2001.

SARANTÓPOULOS C. I. G. L., MORAES B. B. – **Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças**. CETEA informativo, Boletim de tecnologia e desenvolvimento de embalagens, vol. 21 nº1 jan-fev-mar. 2009.