

Embalagem biodegradável à base de PLA, amido e celulose microcristalina.

Isadora dos Santos Sabino¹, Rosane Nora Castro¹, Edla Maria Bezerra Lima², Antonieta Middea³, Reiner Neumann³, Renata Nunes Oliveira¹.

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, CEP: 23897-000, Rio de Janeiro, RJ, Brasil (renatanunes.ufrrj@gmail.com)

²Embrapa Agroindústria de Alimentos - EMBRAPA, CEP: 23020-470, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, CEP: 21941-908, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo: O presente trabalho desenvolveu amostras biodegradáveis à base de PLA, celulose, amido e óleo essencial de palmarosa para aplicação em embalagens de alimentos. As amostras foram avaliadas por FTIR, MEV-EDS e por ensaios de degradação. Elas apresentaram características físico-químicas atribuídas aos componentes e porosidade. Apresentaram inchamento em água e biodegradação no solo, bem como a identificação de micro-organismos aderidos às amostras após a biodegradação.

Palavras-chave: embalagens de alimentos; PLA; biodegradação.

INTRODUÇÃO

Os plásticos entram no meio ambiente e, por intemperismo biótico e abiótico, se decompõem em microplásticos e até nanoplásticos. Essas partículas são amplamente distribuídas nos meios ambientais, sendo extremamente móveis e reativas, facilmente suspensas no ar, infiltrando-se no solo e interagindo com a biota (HUANG et al., 2022). Plásticos de pequeno porte (<5 mm) são detectados no ar, na água, nos alimentos e nos sistemas terrestres, e se acumulam em organismos aquáticos, tanto de fontes primárias quanto de secundárias. A fonte primária refere-se aos plásticos lançados no meio ambiente diretamente por fontes domésticas e industriais, enquanto a fonte secundária é a fragmentação de detritos plásticos por meio de estressores mecânicos ou biológicos (SOBHANI et al., 2020).

Os nanoplásticos são derivados de grandes pedaços de plástico e causam poluição do ambiente aquático; estão se tornando um problema ambiental emergente devido à sua estrutura estável, à alta mobilidade e à fácil interação com compostos orgânicos do meio (CHEN et al., 2020). A coocorrência de microplásticos e nanoplásticos com outros contaminantes ambientais suscitou preocupação quanto à toxicidade interativa. As interações com cocontaminantes podem causar mudanças nas propriedades de superfície dos plásticos e alterar a absorção de plásticos e/ou de contaminantes por organismos (BHAGAT; NISHIMURA; SHIMADA, 2021).

Os microplásticos no oceano estão se acumulando de forma contínua nos organismos marinhos e exercendo

efeitos adversos à sua saúde. Além disso, verifica-se que o efeito atinge os seres humanos através da cadeia alimentar, o que aumenta a preocupação social. À medida que a preocupação social com os microplásticos aumenta, a demanda por contramedidas do governo também cresce. Para preparar contramedidas apropriadas, é crucial estimar o custo dos danos ambientais causados pelos microplásticos no oceano, o que pode servir de ponto de partida para a avaliação de políticas e regulamentações (CHOI; LEE, 2018).

Microplásticos foram encontrados nas praias de Niterói/RJ. Nos períodos seco e chuvoso, observou-se a influência antrópica e hidrodinâmica na distribuição de itens plásticos em águas superficiais e em sedimentos de fundo, nas enseadas da praia de Jurujuba (Baía de Guanabara, baixa e média hidrodinâmica) e de Itaipu (região oceânica, alta hidrodinâmica), locais de cultivo e extração de mexilhões. Os microplásticos representaram 83% dos resíduos coletados, com maior concentração média (138,41 itens/kg) nos sedimentos das praias. HDPE (38%), PP (21%) e PS (10%) foram os polímeros mais frequentes. Na estação chuvosa, maiores volumes de MP foram observados nos sedimentos da praia de Jurujuba (CASTRO et al., 2020).

Recipientes de alimentos expostos a altas temperaturas liberam mais de 10 milhões de microplásticos por mL de água. As embalagens de alimentos de plástico reciclado lixiviam continuamente microplásticos e nanoplásticos. A ingestão de micro e nanoplásticos liberados por embalagens de alimentos pode exercer efeitos negativos nas atividades de macrófagos; ou seja, o

crescimento do uso de embalagens plásticas pode representar riscos à saúde dos consumidores (DENG et al., 2022).

Ao avaliar embalagens descartáveis de comida na China, microplásticos foram encontrados em todos os recipientes, e a abundância variou de 3 a 29 itens por recipiente. Os tipos de polímero de algumas partículas detectadas coincidiram com os das embalagens originais, o que correspondeu a 30% do total de microplásticos. Os microplásticos nesses recipientes vinham da precipitação atmosférica e das superfícies internas. Com base na abundância de microplásticos 9 nesses recipientes, as pessoas que pedem comida para viagem de 4 a 7 vezes por semana podem ingerir de 12 a 203 pedaços de microplástico devido aos recipientes (DU et al., 2020).

O objetivo deste trabalho foi o preparo de material para embalagem ativa biodegradável à base de PLA, amido, celulose microcristalina e óleo de palmarosa. As amostras foram submetidas à degradação em solo e caracterizadas por meio de FTIR, degradação e MEV.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de embalagens compostáveis à base de poli(ácido láctico)/PLA foram obtidas através da mistura de PLA (3D Lab), diclorometano (Merck), amido (ACS Científica), microcelulose cristalina (CMC) (ACS Científica), anidrido maleico (ACS Científica) e óleo de palmarosa (Bio Organics Brasil). Para a base de todas as amostras, foram utilizados 4,5 g de PLA, 18 mL de diclorometano, conforme a Tabela 1. A mistura dos reagentes foi realizada em agitador magnético até a completa homogeneização, vertida em placas de Petri de vidro e seca à temperatura ambiente por 24 h.

Tabela 1. Composição das amostras.

nº	A	CMC (g)	PLA	AM	OP (mL)
0A	0	1	4,5	0,25	0,1
2A	2,25	1	4,5	0,5	0,1
1A	1,125	0,5	4,5	0	0,05

AM = anidrido maleico; A = amido; CMC = celulose microcristalina; OP = óleo essencial de palmarosa.

As amostras foram separadas em triplicata, com tamanho de $1 \times 1 \text{ cm}^2$, e imersas em 10 mL de água destilada por 1, 2, 3, 4, 24, 48 e 96 horas, à temperatura ambiente, sendo pesadas a seco antes e após a imersão.

As amostras foram separadas em tamanhos de $2 \times 2 \text{ cm}^2$, pesadas e colocadas em um recipiente aberto com 50 g de terra, à temperatura ambiente. A cada 24 h, as amostras foram retiradas, pesadas e

recolocadas no solo. O ensaio foi realizado em triplicata para todas as amostras. Para preservar a umidade, o solo foi hidratado semanalmente com 5 mL de água.

A espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foi realizada no equipamento BRUKER modelo VERTEX 70, localizado em CAM/UFRRJ, entre 4000 e 500 cm^{-1} , 16 scans por amostra.

A caracterização morfológica foi realizada no CETEM/UFRRJ, com microscópio eletrônico de varredura Tm3030Plus (Hitachi) e espectroscopia de energia dispersiva Quantax 70 (Bruker), acoplado, operando sob alto vácuo a 15 kV. As amostras serão previamente recobertas com ouro (SCD 005 sputter BAL-TEC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras apresentaram bandas de FTIR características dos componentes unitários (Figura 1). Foram observadas, majoritariamente, bandas do PLA. Também foram encontradas bandas de amido, celulose e anidrido maleico (Tabela 2).

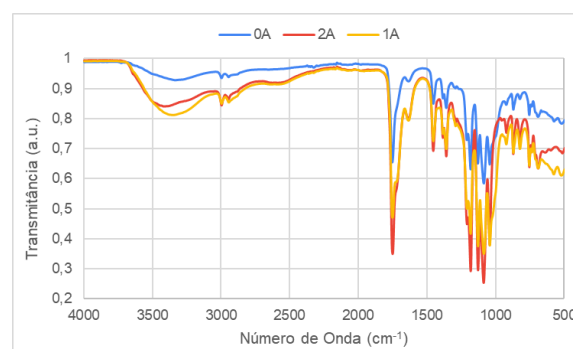


Figura 1. FTIR das amostras.

Tabela 2. Bandas de FTIR das amostras.

Bandas	
(cm^{-1})	Modo vibracional
3386	$\nu(\text{O}-\text{H})$ de água livre (FISHMAN; SAUMAGNE, 1965), amido (MINA et al., 2011) e cellulose I (GEA et al., 2011)
2997, 2950	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
2580	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_2)$ do PLA (VALENTE MORALES et al., 2024)
1753	$(\text{C}=\text{O})$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016),
1722	$(\text{C}=\text{O})$ do PLA (NENADOVIĆ et al., 2025)

1637	$\delta(O-H)$ de água adsorvida (GEA et al., 2011)
1454	$\nu_{as}(CH_3)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
1385	$\nu(CH_3)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
1360	$\nu(CH-CH_3)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016); $\omega(CH)$ da celulose (GEA et al., 2011)
1292	Cristais α do PLA (KESTING et al., 2025)
1209	$\nu(C-O)$ cíclico do anidrido maleico (PUNYAMOONWONGSA et al., 2018)
1182	$\nu(-C-O-C-)$ do PLA (SILVA et al., 2024)
1128	$\nu_{as}(CH_3)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
1088	$\nu(-C-O-C-)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
1043	$\nu_s(C-CH_3)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
956	Parte amorfa do PLA (YAN et al., 2023)
920	Parte cristalina do PLA (YAN et al., 2023)
872	$\nu_s(C-COO)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
824	$\nu(C-COOH)$ do ácido láctico (ROY et al., 2025)
754	$\nu(-C-C-)$ do PLA (SILVA et al., 2022)
710	$\omega(C=O)$ do PLA (YUNIARTO et al., 2016)
689	Vibração de anéis de anidrido maleico não reagido (NATH et al., 2024)

As amostras incharam em água, com maior aumento nas amostras de maior teor de amido (hidrofílico), Figura 2. Além disso, a primeira etapa de degradação do PLA é a hidrólise do material (BENHAMI et al., 2024).

As amostras apresentaram perda de peso no solo e alta fragmentação em 5 dias, Figura 3. A maior presença de amido não contribuiu para o aumento da taxa de degradação, por provável ação aglutinante (KARIM et al., 2024). A degradação do PLA não foi sugerida, pois geralmente ocorre após semanas ou meses (SATTI et al., 2018). Entretanto, de acordo com a norma ABNT NBR 15448-2, as amostras poderiam ser classificadas como potencialmente biodegradáveis (ABNT, 2008).

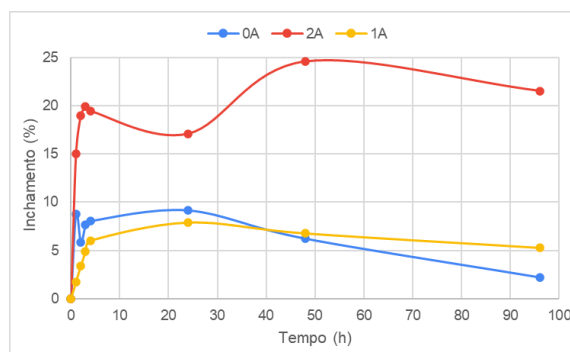


Figura 2. Ensaio de degradação em água.

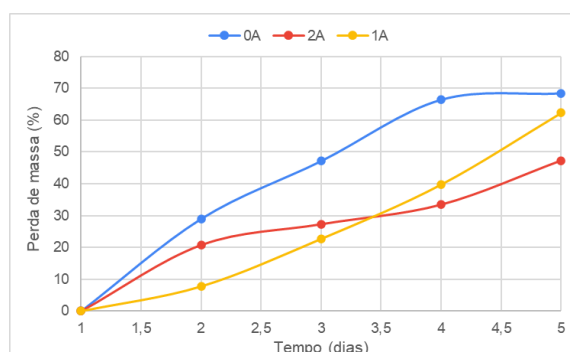


Figura 3. Ensaio de degradação em solo.

As amostras originais apresentaram alta porosidade (Figura 4), o que facilitaria a entrada de água e de micro-organismos, quando em solo. As amostras biodegradadas apresentavam porosidade, mas parte dessa porosidade poderia estar mascarada pelo preenchimento com solo, como indicado pelos mapas de EDS de Fe e de Si na Figura 5. Em adição, nas amostras biodegradadas em solo foram observados alguns microrganismos, indicando degradação microbiana. As estruturas filamentosas indicam a presença de hifas, o que é consistente com a contribuição fúngica para a degradação (JARERAT; TOKIWA; TANAKA, 2003).

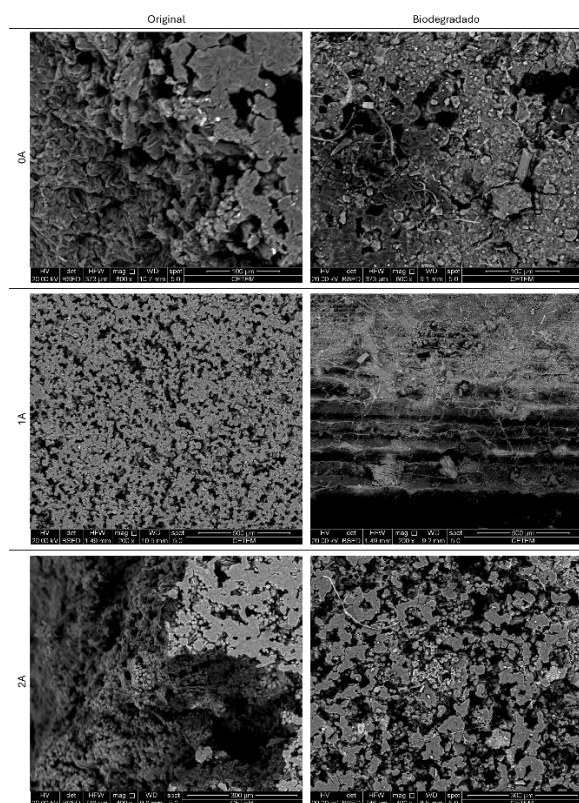


Figura 4. MEV das amostras.

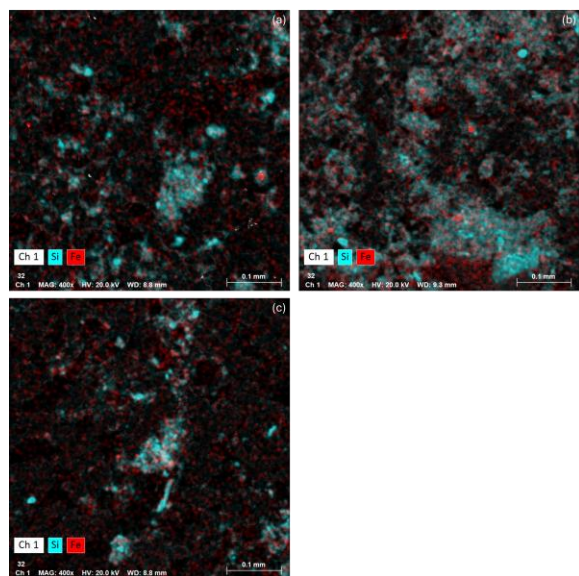


Figura 5. Mapa de EDS das amostras (a) 0A, (b) 1A e (c) 2A.

CONCLUSÃO

As amostras apresentavam bandas de FTIR características de cada um dos componentes. Entretanto, como a matriz era majoritariamente PLA,

suas bandas foram as mais observadas. As amostras apresentavam-se originalmente porosas.

As amostras incharam em água, com maior aumento nas amostras de maior teor de amido, devido ao seu caráter hidrofílico. As amostras se fragmentaram no solo. Embora a primeira etapa de degradação do PLA seja a hidrólise, a cinética dessa etapa é superior à da biodegradação das amostras no solo, não sendo, assim, sugerida no presente trabalho. A maior presença de amido não contribuiu para o aumento da fragmentação das amostras em solo por sua ação aglutinante. Micro-organismos e solo foram encontrados nas amostras recuperadas pós-degradação em solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), processo 406033/2022-6, pelo financiamento. Os autores agradecem também ao CETEM e à CAM/UFRRJ pelas análises realizadas.

REFERÊNCIAS

ABNT. Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis Parte 2: Biodegradação e compostagem — Requisitos e métodos de ensaio. **ABNT NBR 15448-2**, [S. l.], p. 1–10, 2008.

BENHAMI, Virginia Mendonça Lourenço; LONGATTI, Silvia Maria de Oliveira; MOREIRA, Fatima Maria de Souza; SENA NETO, Alfredo Rodrigues De. Biodegradation of poly(lactic acid) waste from 3D printing. **Polímeros**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. e20240013 (1/9), 2024. DOI: 10.1590/0104-1428.20230058.

BHAGAT, Jacky; NISHIMURA, Norihiro; SHIMADA, Yasuhiro. Toxicological interactions of microplastics/nanoplastics and environmental contaminants: Current knowledge and future perspectives. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 405, p. 123913, 2021. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123913. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420319026>.

CASTRO, Rebeca Oliveira; SILVA, Melanie Lopes Da; MARQUES, Mônica R. C.; ARAÚJO, Fábio Vieira De. Spatio-temporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 160, p. 111537, 2020. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111537. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X2030655X>.

CHEN, Ziyang; LIU, Junhong; CHEN, Chengyu; HUANG, Zhujian. Sedimentation of nanoplastics from water with Ca/Al dual flocculants:



Characterization, interface reaction, effects of pH and ion ratios. **Chemosphere**, [S. l.], v. 252, p. 126450, 2020. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126450. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653520306433>.

CHOI, Eun Chul; LEE, Joo Suk. The willingness to pay for removing the microplastics in the ocean – The case of Seoul metropolitan area, South Korea. **Marine Policy**, [S. l.], v. 93, p. 93–100, 2018. DOI: 10.1016/j.marpol.2018.03.015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308597X17304803>.

DENG, Jingyu et al. Microplastics released from food containers can suppress lysosomal activity in mouse macrophages. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 435, p. 128980, 2022. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.128980. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389422007695>.

DU, Fangni; CAI, Huiwen; ZHANG, Qun; CHEN, Qiqing; SHI, Huahong. Microplastics in take-out food containers. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 399, p. 122969, 2020. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.122969. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420309584>.

FISHMAN, Erwin; SAUMAGNE, Pierre. Near-Infrared Spectrum of Liquid Water from 30 to 374°. **The Journal of Physical Chemistry**, [S. l.], v. 69, n. 10, p. 3671–3671, 1965. DOI: 10.1021/j100894a516. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/j100894a516>.

GEA, Saharman; REYNOLDS, Christopher T.; ROOHPUR, Nima; WIRJOSENTONO, Basuki; SOYKEABKAEW, Nattakan; BILOTTI, Emiliano; PEIJS, Ton. Investigation into the structural, morphological, mechanical and thermal behaviour of bacterial cellulose after a two-step purification process. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 102, n. 19, p. 9105–9110, 2011. DOI: 10.1016/j.biortech.2011.04.077. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852411005955>.

HUANG, Danlian et al. Recent advances on the transport of microplastics/nanoplastics in abiotic and biotic compartments. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 438, p. 129515, 2022. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.129515. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389422013085>.

JARERAT, Amnat; TOKIWA, Yutaka; TANAKA, Hideo. Poly(l-lactide) degradation by *Kibdelosporangium aridum*. **Biotechnology Letters**, [S. l.], v. 25, n. 23, p. 2035–2038, 2003. DOI:

10.1023/B:BILE.0000004398.38799.29. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1023/B:BILE.0000004398.38799.29>.

KARIM, A.; NAILA, B.; KHWAJA, S.; HUSSAIN, S. I.; GHAFAR, M. Evaluation of different Starch Binders on physical quality of fish feed pellets. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 84, p. e256242 (1/5), 2024. DOI: 10.1590/1519-6984.256242. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842024000100218&tlng=en.

KESTING, Matthias Balthasar et al. Toward Optical Quality Polylactide Using Fatty Acid Amides as Clarifiers. **Biomacromolecules**, [S. l.], v. 26, n. 9, p. 6177–6191, 2025. DOI: 10.1021/acs.biomac.5c01123. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.5c01123>.

MINA, Jose; VALADEZ-GONZÁLEZ, Alex; HERRERA-FRANCO, Pedro; ZULUAGA, Fabio; DELVASTO, Silvio. Physicochemical Characterization of Natural And Acetylated Thermoplastic Cassava Starch. **Dyna**, [S. l.], v. 78, n. 166, p. 166–173, 2011.

NATH, Debarshi; PESARANHAJIABBAS, Ehsan; JAHANGIRI, Fatemeh; SURENDREN, Aarsha; PAL, Akhilesh Kumar; RODRIGUEZ-URIBE, Arturo; MISRA, Manjusri; MOHANTY, Amar K. Maleation of Biodegradable Poly(3-hydroxybutyrate-co -3-hydroxyvalerate) by Reactive Extrusion: Effect of Initiator Concentration and a Chain Extender on Grafting Percentage and Thermal and Rheological Properties. **ACS Omega**, [S. l.], v. 9, n. 51, p. 50175–50187, 2024. DOI: 10.1021/acsomega.4c03477. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.4c03477>.

NENADOVIĆ, Marija; PONJAVIĆ, Marijana; PANTELIC, Brana; GUZIK, Maciej; MAJKA, Tomasz M.; SOURKOUNI, Georgia; MARŠAVELSKI, Aleksandra; NIKODINOVIC-RUNIC, Jasmina. Efficient Degradation of Consumer-Grade PLA by Commercial Savinase: Optimized Conditions and Molecular Dynamics Insights. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, [S. l.], v. 13, n. 24, p. 9269–9278, 2025. DOI: 10.1021/acssuschemeng.5c03378. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.5c03378>.

PUNYAMOONWONGSA, Patchara; TANGSONGCHAROEN, Wichsuda; PHOUNGTAWEE, Piangtawan; TIGHE, Brian. pH-Responsive Styrene Maleic Anhydride with Improved Surface Activity. **KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology**, [S. l.], v. 11, n.



1, p. 45–51, 2018. DOI: 10.14416/j.ijast.2018.01.001. Disponível em: <http://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/ijst/article/view/1355>.

ROY, Tarun Kumar; YANG, Shu; LI, Meng; KUMAR, Satish; DUTCHER, Cari S.; GRASSIAN, Vicki H. Distinct Oligomerization of Lactic Acid in Aqueous Microdroplets. **The Journal of Physical Chemistry A**, [S. l.], v. 129, n. 45, p. 10540–10549, 2025. DOI: 10.1021/acs.jpca.5c04592. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpca.5c04592>.

SATTI, Sadia Mehmood; SHAH, Aamer Ali; MARSH, Terence L.; AURAS, Rafael. Biodegradation of Poly(lactic acid) in Soil Microcosms at Ambient Temperature: Evaluation of Natural Attenuation, Bio-augmentation and Bio-stimulation. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], v. 26, n. 9, p. 3848–3857, 2018. DOI: 10.1007/s10924-018-1264-x.

SILVA, Lucas Rafael Carneiro Da; SILVA, Lucas Oliveira Da; CARVALHO, Laura Hecker De; OLIVEIRA, Amanda Dantas De; BARDI, Marcelo Augusto Gonçalves; MESQUITA, Avilnete Belém de Souza; FERREIRA, Josie Haydée Lima; ALVES, Tatianny Soares; BARBOSA, Renata. Physical, Morphological, Structural, Thermal and Antimicrobial Characterization of Films based on Poly(Lactic Acid), Organophilic Montmorillonite and Oregano Essential Oil. **Materials Research**, [S. l.], v. 25, p. e20220043 (1-12), 2022. DOI: 10.1590/1980-5373-mr-2022-0043. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392022000100305&tlng=en.

SILVA, Raquel do Nascimento; SANTOS, Maria Eloisa Sousa; ALVES, Tatianny Soares; SILVA, Lucas Rafael Carneiro Da; SANTANA, Ruth Marlene Campomanes; CARVALHO, Laura Hecker De; OLIVEIRA, Amanda Dantas De; BARBOSA, Renata. Production and characterization of pLA/PBAT-based films incorporated with natural and maleinized vegetable oils. **Polímeros**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. e20240037 (1-10), 2024. DOI: 10.1590/0104-1428.20240030.

SOBHANI, Zahra; ZHANG, Xian; GIBSON, Christopher; NAIDU, Ravi; MEGHARAJ, Mallavarapu; FANG, Cheng. Identification and visualisation of microplastics/nanoplastics by Raman imaging (i): Down to 100 nm. **Water Research**, [S. l.], v. 174, p. 115658, 2020. DOI: 10.1016/j.watres.2020.115658. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135420301949>.

VALENTE MORALES, Yulinali; MONTOYA-BALLESTEROS, Luz del Carmen; ROBLES-

OZUNA, Luis Enrique; MARTÍNEZ NÚÑEZ, Yesica Yudith; FORTIZ HERNÁNDEZ, Judith; ENCINAS-ENCINAS, José Carmelo; MADERA-SANTANA, Tomás Jesús. Processing and characterization of biocomposites based on polylactic acid and coconut by-products. **Polímeros**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. e20240020 (1-9), 2024. DOI: 10.1590/0104-1428.20240032. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282024000200606&tlng=en.

YAN, Zhixiang; HUANG, Yanqin; ZHAO, Wenfeng; WU, Bin; LIU, Chengkai; YAN, Xiangyu; PAN, Hongwei; ZHAO, Yan; ZHANG, Huiliang. Effect of a Self-Assembled Nucleating Agent on the Crystallization Behavior and Spherulitic Morphology of Poly(lactic acid). **ACS Omega**, [S. l.], v. 8, n. 46, p. 44093–44105, 2023. DOI: 10.1021/acsomega.3c06384. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.3c06384>.

YUNIARTO, Kurniawan; PURWANTO, Yohanes Aris; PURWANTO, Setyo; WELT, Bruce A.; PURWADARIA, Hadi Karia; SUNARTI, Titi Candra. Infrared and Raman studies on polylactide acid and polyethylene glycol-400 blend. *In*: 2016, **Anais** [...]. [s.l.: s.n.] p. 020101. DOI: 10.1063/1.4945555. Disponível em: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4945555>.