PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO DE AMIDO DE BATATA OZONIZADO PARA EXTRUSÃO DE FIBRAS TÊXTEIS BIODEGRADÁVEIS

Arthur de Carvalho Krüger, Giovana Leonel Santos de Souza, Julia Leonel Santos de Souza, Kemer Zuri, Veronica Cristina Pêgo Fiebig Aguiar

Colégios UNIVAP – Unidade Centro/Técnico em Química, Rua Paraibuna, 75, Jardim São Dimas, 12245-020 - São José dos Campos-SP, Brasil, arthurkrugertec@gmail.com, leonelgiovana08@gmail.com, leonelsouzajulia@gmail.com, kemerzuri@gmail.com, veronicafiebig@gmail.com.

Resumo

O descarte inadequado de polímeros petroquímicos e resíduos têxteis gera graves impactos ambientais, impulsionando a busca por alternativas biodegradáveis. Este trabalho objetivou a produção de bioplástico a partir de amido de batata para extrusão de fibras têxteis. A metodologia envolveu a ozonização do amido em suspensão aquosa para modificação estrutural, seguida de plastificação com glicerol (20-30%) via técnica de *casting* e extrusão para obtenção de Amido Termoplástico (TPS). Os resultados preliminares indicaram que a ozonização favorece a processabilidade da matriz, embora a hidrofilicidade permaneça um desafio. Conclui-se que o bioplástico desenvolvido apresenta potencial para aplicação têxtil sustentável, necessitando de blendas com PLA (ácido polilático) ou PBAT (polibutileno adipato-co-tereftalato) para otimização mecânica.

Palavras-chave: Bioplástico. Amido de Batata. Fibras têxteis.
Área do Conhecimento: Química

Introdução

Os polímeros são classicamente definidos como macromoléculas constituídas por unidades repetitivas (monômeros), cujas cadeias podem ser classificadas, sob a óptica termomecânica, em termoplásticos, suscetíveis a múltiplos ciclos de fusão e conformação, e termofixos, caracterizados por ligações cruzadas em rede tridimensional que impedem a remoldagem após o processo de cura (Azevedo *et al*., 2019; Gorni, 2003; Padilha; Arantes, 2010; Pereira; Plens, 2020). Historicamente alicerçada em matrizes petroquímicas, a indústria de plásticos enfrenta um grave déficit na gestão de resíduos sólidos, visto que uma fração irrisória dos materiais manufaturados é reintroduzida na cadeia produtiva (Fundação Heinrich Böll, 2020). A recalcitrância ambiental e a baixa viabilidade econômica da reciclagem de determinados polímeros culminam em descartes inadequados, gerando intemperismo físico-químico e a consequente fragmentação em microplásticos. Tais partículas atuam como vetores de contaminantes nos ecossistemas e na teia trófica, além de propiciar a emissão de compostos voláteis tóxicos durante a incineração de matrizes halogenadas, a exemplo do cloreto de polivinila (PVC) (Gorni, 2003; Montagner et al., 2021; Padilha; Arantes, 2010).

Em paralelo à crise dos plásticos *commodities*, o setor têxtil desponta como um dos maiores consumidores de recursos naturais e geradores de resíduos, impulsionado pelo consumo acelerado e pela substituição contínua de peças (Troiani; Sehnem, 2022). O descarte indiscriminado de vestuários, especialmente os elaborados a partir de fibras sintéticas, agrava a contaminação do solo e a hídrica, em virtude da baixíssima biodegradabilidade desses artefatos (Souza *et al*., 2026). Sob essa perspectiva, a transição para a economia circular e a adoção de práticas inerentes à sustentabilidade, como a logística reversa, a reciclagem e o reaproveitamento de insumos, tornam-se imperativas para a mitigação dos impactos antrópicos e para a eficiência na gestão de recursos (Costa, 2023; Santos, 2020; Troiani; Sehnem, 2022).

Como alternativa emergente para atenuar a dependência de recursos fósseis e o colapso ecológico, os bioplásticos consolidam-se como polímeros de base biológica derivados de fontes renováveis. O amido extraído de tubérculos, como a batata, exemplifica essa classe, apresentando comportamento termoplástico subsequente ao processo de gelatinização (Conceição *et al*., 2019; Dias, 2023; Pereira;

Plens, 2020; Rahman; Bhoi, 2021). Embora tais biopolímeros favoreçam a decomposição natural e reduzam a emissão de gases de efeito estufa, a aplicação em larga escala é restringida por limitações físico-químicas intrínsecas, tais como a alta fragilidade estrutural, a baixa resistência mecânica, a elevada hidrofilicidade e o custo de produção em relação às resinas petroquímicas. Por conseguinte, para contornar esses gargalos técnicos e aproximar o desempenho mecânico ao dos polímeros tradicionais, é mandatória a incorporação de aditivos plastificantes, com destaque para o glicerol, e agentes dispersantes que maximizem o volume livre intercadeias, otimizando a flexibilidade e a processabilidade da matriz (Dias, 2023; Silva, 2025).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo descrever a formulação e a síntese de um bioplástico derivado do amido de batata, visando sua aplicação na extrusão de fibras têxteis biodegradáveis. Para viabilizar a processabilidade da matriz amilácea, propõe-se a utilização da ozonização como uma tecnologia limpa, capaz de modificar as propriedades funcionais do polímero e reduzir a viscosidade da pasta sem a geração de resíduos químicos tóxicos. Busca-se, especificamente, compreender como a oxidação por ozônio favorece a desestruturação dos grânulos para a formação de um amido termoplástico (TPS) mais homogêneo.

Metodologia

Esta seção descreve os procedimentos experimentais adotados para a oxidação, plastificação e processamento têxtil de amido de batata, fundamentados em protocolos de ozonização limpa (Maniglia; Tapia-Blácido, 2016) e técnicas de *casting* (Mali; Grossmann; Yamashita, 2010).

Primeiramente, fez-se a ozonização do amido em suspensão aquosa. O amido nativo de batata (10 g) foi disperso em 100 mL de água destilada e a suspensão foi mantida por 10 minutos em descarga corona a partir de oxigênio industrial, gerador de ozônio, que foi injetado via pedra difusora sinterizada (La Fuente *et al*., 2019; Maniglia; Tapia-Blácido, 2016). Após a interrupção do borbulhamento, a suspensão foi filtrada a vácuo e o amido oxidado resultante permaneceu em estufa com circulação forçada de ar a 40 °C por 24 horas, até a obtenção de um bioplástico seco.

A plastificação foi realizada utilizando 4,0 g de amido ozonizado, previamente pesado, adicionados a uma mistura contendo 100 mL de água destilada e 20 mL de glicerina. A suspensão foi submetida a banho-maria, sob agitação, durante 30 minutos, à temperatura de 75 °C. Após o aquecimento, com a formação de uma mistura viscosa, o material foi submetido a banho ultrassônico por aproximadamente 10 minutos, com o objetivo de promover a remoção das bolhas de ar incorporadas ao material. Em seguida, a mistura viscosa foi distribuída uniformemente em cinco placas de Petri e submetida à secagem em estufa a 40 °C durante 72 horas.

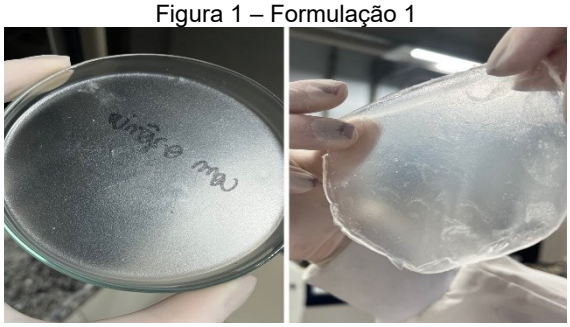
O mesmo procedimento experimental foi realizado utilizando-se amido não ozonizado, mantendo-se as mesmas proporções de amido, água destilada e glicerina, bem como as condições de aquecimento, ultrassom e secagem, a fim de possibilitar a comparação entre os materiais obtidos.

Uma terceira formulação foi realizada utilizando 20 g de amido de batata ozonizado, obtido após ozonização de uma dispersão de amido em 120 mL de água destilada por 20 minutos. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de glicerol diluídos em 100 mL de água destilada. A mistura foi aquecida em banho-maria a 75–80 °C, sob agitação, por 30 minutos, até a formação de uma dispersão viscosa. Em seguida, o material foi submetido ao ultrassom para remoção das bolhas, vertido em placas de Petri e seco em estufa a 40 °C por 72 horas.

Resultados

Com base nos ensaios experimentais realizados, os resultados indicaram que o tempo de ozonização e a proporção de plastificante são variáveis críticas para a integridade dos filmes de amido. Na primeira tentativa, utilizando amido ozonizado por 10 minutos e 20 mL de glicerina para 4 g de amido, observou-se que a superfície do bioplástico permaneceu com alta adesividade ao toque após 72 horas em estufa a 40 °C (Figura 1). Esse comportamento sugere que o excesso de plastificante resultou em uma matriz com elevada hidrofilicidade e dificuldade de secagem, corroborando as observações sobre a sensibilidade do material à umidade quando há altas concentrações de glicerol.

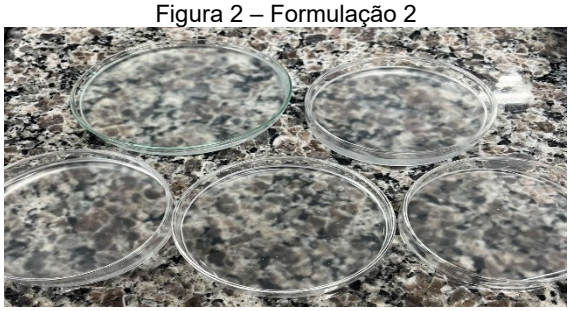
Figura 1 – Formulação 1



Fonte: os autores (2026)

No grupo controle, processado com amido não ozonizado e aquecimento a 80 °C por 40 minutos, a gelatinização ocorreu de forma mais lenta, exigindo tempo adicional para atingir a viscosidade adequada. No entanto, após o período de secagem, os bioplásticos não apresentaram descolamento viável das placas de Petri, resultando em ruptura da matriz durante o manuseio (Figura 2). A dificuldade de processamento do amido nativo, caracterizada por baixa flexibilidade e alta fragilidade, demonstra a limitação desta matriz sem o devido tratamento de oxidação.

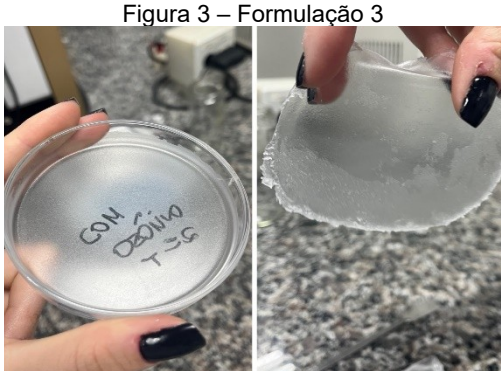
Figura 2 – Formulação 2



Fonte: os autores (2026)

A última formulação foi obtida na terceira etapa experimental, empregando-se amido ozonizado por 20 minutos e uma concentração ajustada de glicerol (10 mL para 20 g de amido em 100 mL de água). O aumento do tempo de exposição ao ozônio permitiu uma modificação estrutural mais efetiva, enquanto o ajuste na proporção de plastificante mitigou a adesividade excessiva. Após 72 horas de secagem a 40 °C e posterior equilíbrio à umidade ambiente, foi possível realizar o descolamento manual de filmes translúcidos, homogêneos e com integridade física preservada (Figura 3). Esses resultados indicam que a ozonização atua favoravelmente na desestruturação dos grânulos, permitindo a formação de uma fase termoplástica mais estável e adequada para futuros processos de extrusão.

Figura 3 – Formulação 3



Fonte: os autores (2026)

Discussão

A análise comparativa entre as amostras evidencia que a modificação estrutural do amido de batata por ozonização foi o fator determinante para a integridade física e o ganho de resistência mecânica do bioplástico. No grupo controle (amido não ozonizado), a ocorrência de rasgos durante a secagem atribui-se à incompletude na desestruturação dos grânulos nativos de amido, somada à alta massa molar das cadeias não modificadas de amilose e amilopectina, conforme reportado por Mali *et al*. (2010). Essa configuração limita a dispersão homogênea do plastificante, gerando pontos de concentração de tensão e falha mecânica prematura.

Em contrapartida, as amostras submetidas à ozonização apresentaram maior estabilidade macroestrutural, maior espessura e superior resistência ao rasgo. De acordo com Maniglia e Tapia-Blácido (2016) e La Fuente *et al*. (2019), a ozonização promove a clivagem parcial das ligações glicosídicas α(1→4) e α(1→6) aliada à introdução de grupos funcionais oxigenados (carbonilas e carboxilas) ao longo das cadeias poliméricas. Essa alteração reduz a viscosidade da pasta durante o ciclo térmico e favorece a ruptura cristalina granular, permitindo a formação de uma matriz de amido termoplástico (TPS) mais homogênea e reticulada por pontes de hidrogênio intermoleculares com o glicerol, o que justifica o incremento de resistência e coesão observado no filme (Yin *et al*., 2025).

Contudo, a maleabilidade excessiva observada nas amostras ozonizadas decorre da elevada taxa de plastificação e da natureza higroscópica da matriz. Como salientam Muscat *et al*. (2018) e Silva (2025), a adição de glicerol em proporções elevadas insere-se entre as cadeias de amilose e amilopectina, expandindo o volume livre intercadeias e reduzindo a temperatura de transição vítrea (*Tg*) do material para valores inferiores à temperatura ambiente. Este fenômeno, somado à retenção de água ligada pela alta hidrofilicidade do TPS, resulta em uma estrutura predominantemente viscoelástica e dúctil, com menor módulo de rigidez.

Assim, embora a ozonização tenha resolvido o gargalo da fragilidade e do rasgo da matriz pura, os resultados confirmam que, para a aplicação específica em extrusão de fibras têxteis, as quais demandam elevado módulo de tração, torna-se imprescindível a otimização do teor de plastificante e o desenvolvimento de blendas poliméricas com poliésteres biodegradáveis como o PLA ou PBAT, conforme defendido por Xie *et al*. (2013) e Temesgen *et al*. (2021).

Por fim, a eficácia do processo de fiação (*spinning*) depende diretamente da orientação molecular alcançada no estiramento. Seguindo a lógica de Temesgen *et al*. (2021), o alinhamento das cadeias de amilose e amilopectina nos rolos *godets* é o que confere resistência mecânica aos multifilamentos. Tal processo de conformação é análogo ao descrito por Canevarolo Júnior (2004) para polímeros sintéticos, evidenciando que o bioplástico de batata pode mimetizar o comportamento de fibras tradicionais se as taxas de cisalhamento e estiramento forem devidamente controladas.

Conclusão

Conclui-se que a produção de bioplástico a partir do amido de batata ozonizado demonstrou ser uma alternativa. Durante a etapa experimental, a aplicação da metodologia de oxidação limpa associada à plastificação com glicerol viabilizou a obtenção de uma matriz processável, confirmando na prática que a estabilidade estrutural do material depende do desenvolvimento de blendas poliméricas. Alinhando-se aos estudos de biodegradação, o material obtido comprovou seu potencial para mitigar o impacto ambiental do descarte têxtil, atendendo aos preceitos de economia circular. Com base nos ensaios práticos executados, recomenda-se para etapas posteriores o aprofundamento nos testes mecânicos de resistência à tração e a análise do comportamento das fibras desenvolvidas após ciclos sucessivos de lavagem.

Referências

Azevedo, A. R. G. et al. **Estudos e relatórios sobre o surgimento dos polímeros, impactos ambientais dos plásticos convencionais e desenvolvimento de bioplásticos**. 2020-2025. Disponível em: https://docs.google.com/document/u/0/d/16KKz6-O-f41FiwUwsH8OE-XU7VDLuA7IPV6PKMjAdRU/mobilebasic. Acesso em: 10 jun. 2026.

Canevarolo Júnior, Sebastião V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

Conceição, M. M. et al. **The plastic as a villain of the environment**. Revista Geociências - UNG-Ser, Guarulhos, v. 18, n. 1, p. 1-13, 2019. - UNG-Ser. Guarulhos SP, v.18, n. 1, 2019. DOI:10.33947/1981-7428-v18n1-4024 [2] FAOSTAT. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data.

Costa, H. B. **Desenvolvimento e implementação da plataforma digital MOPPET para o gerenciamento de resíduos têxteis da indústria de confecção**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2023. Acervo Digital UFPR.

Dias, Yasmim Stephanie de Souza. **Bioplásticos: desafios e aplicações**. 2023. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande, Natal, 2023

Fundação Heinrich Böll. **Atlas do Plástico 2020: fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. Organização: Marcelo Montenegro, Manoela Vianna e Daisy Bispo Teles. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2020.

Gorni, Antonio Augusto**. Introdução aos plásticos**. Revista Plástico Industrial, São Paulo, v. 10, n. 09, 2003

La Fuente, Carla I. A. et al. Ozonation of cassava starch to produce biodegradable films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 141, p. 713-720, 2019.

Mali, Suelen; Grossmann, Maria Victoria Eiras; Yamashita, Fabio. Filmes biodegradáveis a base de amido. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

Maniglia, Bianca Chieregato; Tapia-Blácido, Delia Rita. Ozonation of starch: A green technology for starch modification. **Food Research International**, v. 89, p. 28-39, 2016.

Montagner, C. C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química Nova**, v. 44, n. 10, p. 1328–1352, 2021. DOI: 10.21577/0100-4042.20170791.

Muscat, D. et al. How Glycerol and Water Contents Affect the Structural and Functional Properties of Starch-Based Edible Films. **Polymers**, v. 10, n. 4, p. 412, 2018. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4360/10/4/412. Acesso em: 15 jul. 2026.

Padilha, G. S.; Arantes, L. C. C. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. [S. l.: s. n.], 2010.

Pereira, J. M. S.; Plens, A. C. O. **Produção de bioplástico a partir do amido da batata**. In: Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP – CONICT, 11., 2020. *Anais...*, 2020.

Rahman, M. H.; Bhoi, P. R. **An overview of non-biodegradable bioplastics.** Journal of Cleaner Production, v. 294, art. 126218, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126218.

Santos, P. S. dos. **Análise de iniciativas para gestão de resíduos têxteis no pós-consumo da indústria de vestuário no contexto da economia circular**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020. Repositório UFSC.

Silva, Wellington Johnatan da. Bioplásticos. **Síntese e caracterização de plástico biodegradável à base de amido extraído do córtex da mandioca (Manihot esculenta Crantz)**. 2025. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Inhumas, 2025

Souza, et al. Fibras Naturais Biodegradáveis e seus Tecidos. **Revista Virtual de Química**, v. 18, 2026. Disponível em: https://rvq.sbq.org.br/Content/pdf/AR2026-5042.pdf. Acesso em: 28 jun. 2026.

Temesgen, S. et al. Review on Spinning of Biopolymer Fibers from Starch. **Polymers**, v. 13, n. 7, 1121, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4360/13/7/1121. Acesso em: 15 jul. 2026.

Troiani, L.; Sehnem, S. Moda sustentável: uma análise sob a perspectiva do ensino de boas práticas de sustentabilidade e economia circular. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 134-149, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cebape/a/3gTQDxDVnyBHwyyY6tdgr9G/. Acesso em: 17 jun. 2026.

Xie, Fengwei et al. Starch-based plastics as materials for tissue engineering and regenerative medicine. **Carbohydrate Polymers**, v. 93, n. 1, p. 256-263, 2013.

Yin, Xia et al. Preparation and properties of thermoplastic starch via the synergy of ozonation and elongational stress. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 280, p. 145063, 2025.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade do Vale do Paraíba unidade Urbanova e Colégio Técnico Antônio Teixeira Fernandes. Agradecimento especial ao professor José Pradella, pela ajuda e contribuição ao projeto.