



# APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE DEXTRINA OBTIDA POR OXIDAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA COM ALTO TEOR DE SÓLIDOS

Tânia Maria Coelho<sup>1</sup>, Ederaldo L. Beline<sup>2</sup>, Fernando H. Lermen<sup>3</sup>, Gustavo M. de Souza<sup>4</sup>,  
Nabi Assad Filho<sup>5</sup>, Rubya V. M. Campos<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Doutora, Docente no Curso de Engenharia de Produção, UNESPAR, Campus Campo Mourão-PR. coelho\_tania@yahoo.com

<sup>2</sup>Mestre, Docente no Curso de Engenharia de Produção, UNESPAR, Campus Campo Mourão-PR. ederaldo.beline@unespar.edu.br

<sup>3</sup>Doutor, Docente no Curso de Engenharia de Produção, UNESPAR, Campus Paranaguá-PR. fernando.lermen@unespar.edu.br

<sup>4</sup>Doutor, Docente no Curso de Engenharia de Produção, UNESPAR, Campus Paranaguá-PR. gusmatias@gmail.com

<sup>5</sup>Mestre, Docente no Curso de Engenharia de Produção, UNESPAR, Campus Campo Mourão-PR. nabi.filho@unespar.edu.br

<sup>6</sup>Doutora, Docente no Curso de Engenharia de Produção, UNESPAR, Campus Campo Mourão-PR. rubya.campos@unespar.edu.br

## RESUMO

O amido de mandioca, embora abundante e de alta pureza, apresenta baixa solubilidade e estabilidade, limitando seu uso industrial. Este estudo visou desenvolver dextrina de alto teor de sólidos (40% p/p) a partir de amido de mandioca oxidado por oxidação alcalina com peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio, aplicável como adesivo em substratos celulósicos e ingrediente funcional alimentício. O processo envolveu modificação química e dextrinização térmica, sendo avaliadas viscosidade cinemática, solubilidade, transparência e formação de filme. As soluções a 40% apresentaram viscosidade média 3,2 vezes maior que as de 10%, ausência de precipitados, boa transparência e rápida formação de filmes contínuos e aderentes, com desempenho satisfatório em bandejas alimentícias. Os resultados demonstram a viabilidade técnica e ambiental do uso de amido oxidado como insumo funcional e sustentável para múltiplos segmentos industriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adesivos industriais; Dextrina de mandioca; Ingredientes funcionais; Oxidação do amido; Sustentabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

O amido é um polissacarídeo de reserva amplamente encontrado em plantas, com destaque para cereais, tubérculos e raízes como a mandioca (*Manihot esculenta*). Sua estrutura semicristalina, composta por amilose e amilopectina, confere propriedades funcionais importantes, mas que muitas vezes limitam sua aplicação industrial devido à sua solubilidade restrita, tendência à retrogradação e instabilidade frente a variações de temperatura, cisalhamento ou pH (Tester et al. 2004; Fennema, 2010; Jane, 2020).

Para superar essas limitações, técnicas de modificação física, enzimática e, principalmente, química têm sido aplicadas para ampliar o desempenho funcional do amido em diversas aplicações. A oxidação é uma das estratégias mais utilizadas, promovendo a introdução de grupos carbonila e carboxila, com consequente redução da massa molar e alteração das propriedades reológicas e térmicas (Maas et al., 2018; Cavalcanti et al., 2010). Embora o hipoclorito de sódio (NaClO) seja tradicionalmente empregado nesse processo, alternativas mais sustentáveis como o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) vêm sendo investigadas por seu menor impacto ambiental (Martinez-Bustos et al., 2010; Pellosi et al., [s.d.]).

O amido de mandioca destaca-se por sua alta pureza, abundância no Brasil e elevado teor de amilopectina, características que favorecem sua utilização industrial (Leite et al., 2011). A modificação oxidativa deste amido viabiliza a produção de dextrinas, polímeros solúveis em água que atuam como espessantes, formadores de filme e adesivos naturais (Jane, 2020; Oliveira et al., 2010). Dextrinas com alto teor de sólidos (>30%) apresentam vantagens operacionais, como menor custo energético na secagem e melhor desempenho funcional (Demiate; Dupas; Cereda, 2007; Silva et al., 2020).



Diante desse contexto, este trabalho propõe a produção de dextrina a partir do amido de mandioca oxidado com peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio, visando à obtenção de formulações com elevado teor de sólidos e propriedades adequadas para uso nas indústrias papelreira e alimentícia. O objetivo é desenvolver e caracterizar formulações de dextrina com concentrações de 10% e 40% (p/p) de sólidos, avaliando parâmetros como viscosidade cinemática, solubilidade, transparência e capacidade de formação de filme. O método adotado compreendeu a modificação química do amido por oxidação alcalina com agentes oxidantes sustentáveis, seguida de dextrinização térmica e posterior análise das propriedades físico-químicas e funcionais das soluções obtidas.

Do ponto de vista teórico, o estudo amplia o conhecimento sobre rotas de modificação oxidativa do amido de mandioca e seus efeitos na estrutura e funcionalidade das dextrinas, evidenciando a influência do teor de sólidos no desempenho reológico e na formação de filmes. No campo prático, oferece subsídios para o desenvolvimento de adesivos, revestimentos biodegradáveis e ingredientes funcionais, explorando um recurso renovável e abundante no Brasil, alinhado à economia circular e à redução da pegada ambiental.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa adotou uma abordagem mista (Venkatesh et al., 2013), combinando métodos quantitativos para análise de variáveis físico-químicas e qualitativos para interpretação dos resultados. Classifica-se como um estudo exploratório, envolvendo procedimentos bibliográficos e experimentais, incluindo revisão teórica, modificação química do amido e avaliação prática de desempenho.

A dextrina foi obtida a partir do amido de mandioca modificado por oxidação com agentes oxidantes, incluindo peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e hipoclorito de sódio ( $NaClO$ ). O objetivo do processo oxidativo foi a introdução de grupos funcionais carbonila e carboxila, capazes de promover alterações nas propriedades físico-químicas do polímero, aumentando sua solubilidade e modificando seu comportamento reológico.

A modificação química foi conduzida por meio de oxidação alcalina, utilizando diferentes concentrações de agentes oxidantes. Inicialmente, o amido nativo de mandioca foi disperso em água destilada até a obtenção de suspensões com concentrações de sólidos entre 10% e 40%. O pH das suspensões foi ajustado para o intervalo de 9,5 a 10,5 com solução de hidróxido de sódio ( $NaOH$ ) a  $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ .

Posteriormente, foram adicionadas soluções de hipoclorito de sódio ( $NaClO$ ) com diferentes teores de cloro ativo (0,8%, 2,0% e 5,0%), e/ou peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), conforme proporções estabelecidas na literatura (Jane, 2020; Tester et al., 2004). Esses agentes foram aplicados em delineamento experimental para se avaliar a influência do tipo e da concentração de cada oxidante nas propriedades do produto. A reação foi mantida sob agitação contínua e temperatura controlada entre  $30^\circ C$  e  $35^\circ C$ , durante períodos que variaram entre 1 e 3 horas.

Finalizada a reação, o pH das suspensões foi neutralizado até atingir aproximadamente 7,0, utilizando solução diluída de ácido clorídrico ( $HCl$ ). As amostras foram então filtradas, lavadas com água destilada para remoção completa dos resíduos reagentes e secas inicialmente em estufa a  $40^\circ C$ . Após a secagem preliminar, o material foi submetido a uma nova etapa de secagem a  $50^\circ C$ , até a obtenção de um pó fino e homogêneo.

Na etapa seguinte, o amido oxidado foi submetido ao processo de dextrinização térmica, visando simular uma hidrólise ácida. O material foi tratado em estufa a  $150^\circ C$  por diferentes tempos de exposição, buscando promover a degradação controlada das cadeias



amiláceas e formação de dextrinas com características desejáveis de solubilidade e viscosidade.

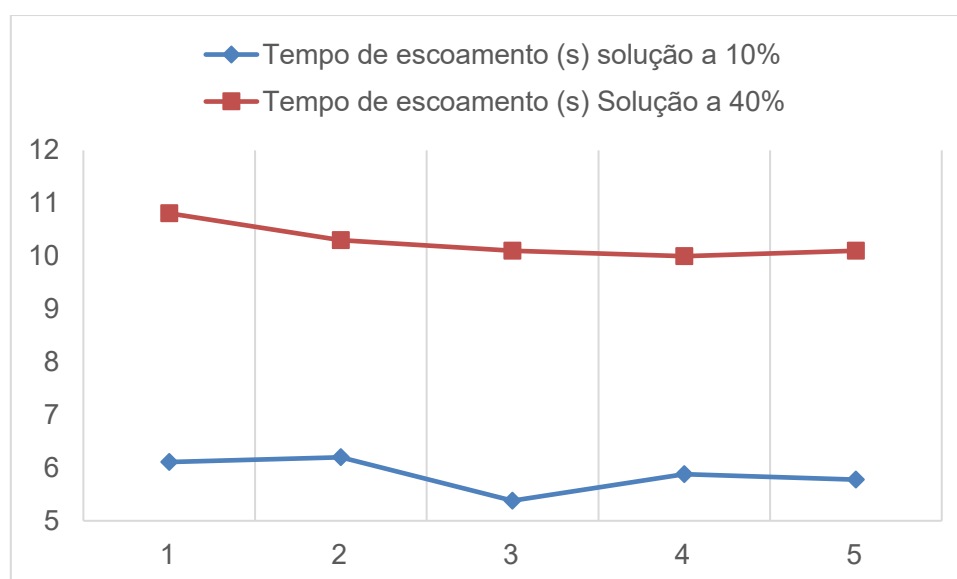
As soluções obtidas após a dextrinização foram resfriadas à temperatura ambiente e armazenadas até os testes. A avaliação de desempenho das formulações foi realizada com base na viscosidade cinemática, medida por meio do tempo de escoamento em copo Ford, conforme norma ABNT NBR 16477:2016. As amostras com melhor desempenho viscosimétrico e com diferentes perfis de oxidação foram selecionadas para análises complementares de solubilidade e opacidade, com observações visuais de transparência e estabilidade, visando sua aplicação como adesivo ou ingrediente funcional em substratos celulósicos e alimentares.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As formulações de dextrina obtidas a partir da oxidação do amido de mandioca apresentaram diferenças significativas em suas características físico-químicas, em função das concentrações de sólidos e das condições do processo oxidativo. Os testes preliminares permitiram avaliar aspectos fundamentais para sua aplicação como adesivo e ingrediente funcional, com destaque para a transparência da solução, solubilidade, formação de filme e propriedades reológicas.

As amostras com maior concentração de sólidos (40%) demonstraram melhor desempenho em termos de viscosidade e tempo de escoamento, indicando maior coesão entre as moléculas, o que favorece a formação de filmes mais estáveis e transparentes. Essas características são desejáveis tanto na aplicação em substratos celulósicos quanto em matrizes alimentícias, onde a formação de um filme contínuo e aderente é crucial.

A viscosidade cinemática, medida por meio do tempo de escoamento, apresentou uma tendência crescente com o aumento da concentração de sólidos, conforme demonstrado na Figura 1. Este comportamento corrobora os dados da literatura que discutem a modificação oxidativa do amido. Trabalhos como o de Oliveira et al. (2010), ao avaliarem adesivos de amido modificado, também observaram que a viscosidade aumenta com a concentração do polímero, o que está diretamente relacionado à maior resistência ao escoamento.



**Figura 1** – Tempo de escoamento das soluções de dextrina a 10% e 40% de sólidos, medido pelo método do Copo Ford (NBR 16477:2016).

Fonte: próprio autor



A análise realizada evidencia que as soluções a 40% de sólidos apresentaram maior coesão molecular, o que é uma característica crucial para aplicações em adesivos. O desempenho viscosimétrico obtido no estudo é particularmente promissor quando comparado a dextrinas comerciais, pois o alto teor de sólidos (>30%) proporciona vantagens operacionais, como a redução do custo energético na secagem, conforme apontado por Demiate; Dupas; Cereda (2007) e Silva et al. (2020). Este fato reforça a viabilidade econômica e ambiental do processo.

A avaliação visual das amostras indicou boa solubilidade e ausência de precipitados, confirmando a eficácia da oxidação em degradar cadeias amiláceas e introduzir grupos funcionais que aumentam a interação com a água. Resultado semelhante foi reportado por Cavalcanti et al. (2010), ao destacar o papel de amidos modificados na melhoria da solubilidade para aplicações industriais. A aplicação das soluções em papel resultou em filme contínuo e aderente, atribuído à presença de grupos carboxílicos que favorecem interações hidrofílicas com substratos celulósicos. Leite et al. (2011) também demonstram que a modificação química torna o amido mais apto como revestimento e adesivo. Ensaio preliminares em bandejas alimentícias mostraram boa aderência e capacidade de formar película protetora. Esses resultados confirmam que a oxidação alcalina seguida de dextrinização térmica é eficaz para produzir dextrinas com alto teor de sólidos e boas propriedades funcionais, além de valorizar o uso de oxidantes mais sustentáveis, como o  $H_2O_2$ .

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As etapas conduzidas neste estudo evidenciaram o potencial da dextrina obtida a partir de amido de mandioca oxidado como alternativa sustentável para aplicações industriais, especialmente em adesivos e embalagens alimentícias. O uso de agentes oxidantes mais benignos, como o peróxido de hidrogênio, possibilitou a introdução de grupos funcionais que modificaram favoravelmente as propriedades físico-químicas do amido, sem comprometer sua biodegradabilidade.

As formulações com alto teor de sólidos (40%) apresentaram maior viscosidade e melhor desempenho em testes de escoamento, além de rápida formação de filme e boa aderência em superfícies de papel. Tais características são indicativas da viabilidade da aplicação da dextrina em substratos celulósicos e alimentícios, contribuindo com soluções mais sustentáveis e eficientes para a indústria.

A valorização do amido de mandioca, recurso renovável e amplamente disponível no Brasil, representa uma alternativa estratégica para o desenvolvimento de insumos funcionais de base biológica. A substituição de insumos sintéticos por derivados amiláceos pode impulsionar o avanço de tecnologias mais limpas, reforçando a economia circular e reduzindo a pegada ambiental de processos industriais. Além disso, o produto obtido apresenta potencial de aplicação no setor alimentício, atuando como espessante, agente de textura ou substituto de gorduras, reforçando a versatilidade da modificação oxidativa como rota de desenvolvimento de materiais com múltiplas funcionalidades.

Entretanto, este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. Os resultados são provenientes de ensaios em escala laboratorial e com amostras limitadas, o que restringe a extrapolação direta para processos industriais. A análise físico-química foi preliminar e não contemplou a caracterização molecular aprofundada, análises térmicas ou testes de durabilidade e estabilidade em condições reais de uso.

Pesquisas futuras devem incluir a caracterização estrutural e funcional das dextrinas, estudos de desempenho em escala piloto, avaliação ambiental do processo, testes comparativos com produtos comerciais e análise de viabilidade econômica. Também se recomenda investigar o comportamento em diferentes condições de armazenamento e



processamento, além de explorar novas combinações de oxidantes e fontes amiláceas, ampliando as aplicações e fortalecendo o uso industrial. Tais ações podem consolidar soluções tecnológicas sustentáveis alinhadas aos ODS 9 e 12.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** *NBR 16477: Tintas – Determinação da viscosidade cinemática com copo Ford.* Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

CAVALCANTI, N. B. et al. Amidos modificados: aspectos tecnológicos e aplicações industriais. *Rev. Bras. Prod. Agroind.*, Lavras, v. 12, n. 1, p. 1–13, 2010.

DEMIATE, I. M.; DUPAS, D. F.; CEREDA, M. P. Oxidação dos amidos de mandioca e de milho comum fermentados: desenvolvimento da propriedade de expansão. *Ciência. Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 4, p. 794-799, 2007.

FENNEMA, O. R. *Química de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Artmed, 2010.

JANE, J. L. Starch Properties, Modifications, and Applications. In: NIAZI, M. B. K. (ed.). *Advanced Processing, Properties, and Applications of Starch and Other Bio-based Polymers*. Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 23–45.

LEITE, M. T. et al. Propriedades físico-químicas de amidos modificados de mandioca para aplicação industrial. *Ciência Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 3, p. 478–486, 2011.

MAAS, R. H. W. et al. Hydrothermal modification of starches: **A review.** *Carbohydrate Polymers*, v. 181, p. 386–403, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.100>

MARTINEZ-BUSTOS, R. et al. Modificação de amido de mandioca com peróxido de hidrogênio e ácido láctico visando o desenvolvimento da propriedade de expansão. *Revista Raízes Amidos Tropicais*, v. 6, p. 126-133, 2010.

OLIVEIRA, D. A. et al. Produção de adesivos à base de amido para aplicação em papel: efeito da modificação química. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v. 20, n. 6, p. 390–396, 2010.

PELLOSI, J. C. et al. Oxidação em amido de aveia com peróxido de hidrogênio. [S.l.]: [s.n.], [s.d.]. **Disponível em:** <https://repositorio.ufpel.edu.br/>. Acesso em: 02 jun. 2025.

SILVA, J. M. et al. Amido de mandioca modificado por oxidação: propriedades físicas e químicas e perfil de textura de géis. *Research, Society and Development.*, v. 9, n. 10, 2020.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, v. 39, n. 2, p. 151–165, 2004.

VENKATESH, Viswanath; BROWN, Susan A.; BALA, Hillol. Bridging the qualitative-quantitative divide: Guidelines for conducting mixed methods research in information systems. *MIS quarterly*, p. 21-54, 2013.