

## USO DE RESÍDUOS DE CASCA DE BANANA PARA A PRODUÇÃO DE BIOETANOL

FELIPE DEVENS BITENCOURT<sup>1,2\*</sup>, GABRIEL HENRIQUE KLEIN<sup>3</sup>, MARCELLI  
POWZUM AMORIM<sup>2,4</sup>, VITÓRIA DASSOLER LONGO<sup>1,2</sup>, HELEN TREICHEL<sup>2,5</sup>

### 1 Introdução

A banana é a fruta mais cultivada em todo o mundo e sua produção deverá crescer ainda mais. Aproximadamente 135 milhões de toneladas foram produzidas em todo o mundo em 2022, superando melancias (100 milhões de toneladas), maçãs (96 milhões de toneladas), laranjas (76 milhões de toneladas) e uvas (75 milhões de toneladas) (FAO, 2023). Após o fruto ser consumido, diferentes partes da bananeira não são utilizadas, como cascas e talos de banana, que são, portanto, considerados resíduos (Baharin et al., 2016). Este resíduo contém uma grande quantidade de muitos compostos orgânicos úteis, incluindo celulose, lignina, substâncias pécnicas, pigmentos e clorofila, além de compostos orgânicos de baixo peso molecular (Kandeeban e Malarkodi, 2019). As cascas de banana, representam aproximadamente 40% do peso total das bananas frescas, são normalmente descartadas em aterros sanitários e causam problemas ambientais (Oladoja et al., 2015). O uso da casca de banana na produção de bioetanol contribui significativamente para a conversão de resíduos de biomassa em riqueza, melhorando assim a gestão de resíduos, a eficiência de custos e o saneamento ambiental. A produção de bioetanol a partir da casca de banana envolve quatro etapas básicas: pré-tratamento, hidrólise, fermentação e destilação (Taherzadeh e Niklasson, 2004).

Neste contexto, este trabalho visou otimizar o processo de pré-tratamento e hidrólise enzimática da biomassa de cascas de banana e realizar a fermentação alcoólica do hidrolisado por meio da levedura *Wickerhamomyces sp.* UFFS-CE-3.1.2.

### 2 Objetivos

Este trabalho teve como objetivo otimizar o processo de pré-tratamento e hidrólise

---

<sup>1</sup>Graduando de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*, contato: felipeprofissional1819@gmail.com

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa: Laboratório de Microbiologia e Bioprocessos (LAMIBI)

<sup>3</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*

<sup>4</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*

<sup>5</sup>Doutora em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Erechim*,

**ORIENTADORA**

enzimática da biomassa de cascas de banana e realizar a fermentação alcoólica do hidrolisado por meio da levedura *Wickerhamomyces sp.* UFFS-CE-3.1.2.

### 3 Metodologia

#### 3.1 Coleta e caracterização química dos resíduos

Os resíduos foram coletados no restaurante universitário da UFFS – Campus Erechim, RS. As cascas de banana, *Musa sapientum* e *Musa acuminata* Subgrupo *Cavendish*, foram secas em estufa de ventilação forçada (40 °C), moídas em moinho de facas até atingirem granulometria de 20 mesh e armazenadas (-20 °C) até o uso. A caracterização da biomassa foi realizada pela determinação das estruturas da celulose, hemicelulose e lignina, bem como do teor de cinzas e sólidos totais, seguindo metodologias padronizadas pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL).

#### 3.2 Pré-tratamentos e hidrólise enzimática

O estudo dos pré-tratamentos envolveu: pré-tratamento ácido (5% (v/v) de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), pré-tratamento alcalino (1% (p/v) de NaOH) e tratamento por banho ultrassônico (66 W e 132 W) a uma frequência de 40 kHz. Os resultados foram quantificados utilizando um espectrofotômetro com base na liberação de açúcares após hidrólise enzimática. A hidrólise enzimática foi realizada utilizando biomassa residual pré-tratada, 1% p/v de sólidos pré-tratados (massa seca) a pH 4,8, ajustado com tampão citrato de sódio 0,05 mol L<sup>-1</sup>, e hidrolisado com 50 FPU/g da enzima celulase comercial. Os processos foram mantidos a 50°C e 150 RPM por 120 h (Gabhane et al., 2014).

#### 3.3 Produção de bioetanol

Para a produção de etanol, foi utilizada a levedura *Wickerhamomyces sp.* UFFS-CE-3.1.2, cultivada em meio YPD com 1% de extrato de levedura, 2% de peptona e 2% de glicose, suplementado com 2% de ágar (Bazoti et al., 2017). Para a inoculação, as células foram transferidas para um meio YPD líquido (10 mL) e incubadas por 24 h a 30 °C em incubadora BOD. A etapa de fermentação foi realizada com 90 mL de meio fermentativo acondicionado em frascos Erlenmeyer de 250 mL, esterilizados em estufa. Em cada frasco, foi adicionado o inóculo, contendo uma fração de meio YPD líquido com células repicadas na proporção de 10% e colocado em agitador orbital a 30°C e 120 RPM por 48 h (Bonatto et al., 2021). As amostras

foram coletadas em 0h, 12h, 24h e 48h durante a fermentação e submetidas à análise composicional por HPLC para a quantificação de açúcares, etanol e ácidos (Bazoti et al., 2017).

## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Caracterização química da biomassa

A composição da biomassa pode afetar significativamente os processos; portanto, estudar as estruturas que compõem o resíduo é de extrema importância. Apesar dos estudos limitados sobre a composição lignocelulósica da biomassa da casca de banana, neste estudo, a composição da biomassa bruta apresentou valores de celulose ( $16,13\% \pm 0,94$ ), hemicelulose ( $10,51\% \pm 0,82$ ) e lignina ( $36,34\% \pm 0,58$ ), que são consistentes com os valores descritos por Pereira et al. (2021). A pectina também é um polissacarídeo na biomassa da casca de banana, com um valor de  $1,25\% \pm 0,41$ . As cinzas forneceram um valor de  $11,53 \pm 0,12$ . Dada a alta porcentagem de lignina e celulose, foi necessário desenvolver uma rota para desconstruir essas estruturas, como pré-tratamentos.

### 4.2 Estudo dos pré-tratamentos

O valor máximo de açúcar encontrado na biomassa pré-tratada com  $H_2SO_4$  foi de 11,57 g/L; para a biomassa pré-tratada com NaOH, foi de 7,28 g/L, enquanto para a biomassa pré-tratada em banho ultrassônico, o valor máximo foi de 1,5 g/L. Os pré-tratamentos estudados apresentaram diferentes clivagens de biomassa, confirmadas pela liberação de açúcares redutores totais. Devido à eficácia variável das metodologias, o pré-tratamento realizado em banho ultrassônico não apresentou resultados satisfatórios. Enquanto, os pré-tratamentos com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e hidróxido de sódio (NaOH) se mostraram vantajosos, com melhores resultados observados para o tratamento ácido. Considerando a melhor eficiência do pré-tratamento ácido, ele foi selecionado para aplicação de planejamento experimental posteriormente. Em geral, os pré-tratamentos ácidos proporcionam altos rendimentos de açúcar, pois podem solubilizar frações de celulose e hemicelulose. Entretanto, é essencial analisar a possível formação de inibidores de fermentação, como ácido cítrico, furfural e outros, e facilitar os processos de corrosão dos equipamentos (Sawarkar et al., 2022).

### 4.3 Fermentação com caldo de lavagem de biomassa

Após a extração dos açúcares solúveis da biomassa, obteve-se um caldo rico em

açúcares, o qual foi submetido a um teste de fermentação alcoólica com a levedura *Wickerhamomyces sp.* (Tabela 1) para comparação com fermentações utilizando biomassa pré-tratada, visando avaliar o rendimento em etanol devido à formação de níveis elevados de inibidores, como o ácido cítrico.

Tabela 1: Fermentação alcoólica utilizando caldo de lavagem de biomassa conduzida com a levedura *Wickerhamomyces sp.*

Tempo (h)	Açúcar médio (g/L)	Etanol médio (g/L)	Ácido cítrico (g/L)
0	17,33 ± 1,23	0	2,30 ± 0,17
12	2,05 ± 0,04	7,92 ± 0,31	2,88 ± 0,04
24	1,87 ± 0,26	7,00 ± 1,13	2,63 ± 0,35
48	2,13 ± 0,15	7,75 ± 2,32	2,70 ± 0,28

Devido ao alto teor de açúcares fermentáveis na biomassa (17,33 g/L), valores significativos de etanol foram obtidos, com o ponto ótimo observado em 12 h (7,92 ± 0,31 g/L). O rendimento em etanol está diretamente associado à alta concentração de açúcar no caldo, mas também à baixa presença de inibidores de fermentação, como o ácido cítrico (2,88 g/L), possivelmente devido à rota não passar por processos químicos, visto que grande parte dos inibidores, como os ácidos, são gerados principalmente após processos de pré-tratamento químico; nesse sentido, a levedura demonstrou conversão eficiente de açúcares em etanol.

## 5 Conclusão

Os resíduos de banana são ricos em nutrientes e atualmente, todos são descartados em aterros sanitários. Este trabalho mostrou que eles podem ser utilizados para outras finalidades, como produção de bioetanol e ácido cítrico, etc. Portanto, é vital transformar esse resíduo em matéria-prima, visando produtos com valor agregado. Nesse sentido, pode-se concluir que a utilização desses resíduos é promissora na redução de problemas ambientais e na valorização do desperdício de alimentos.

## Referências Bibliográficas

BAHARIN, A. *et al.* Production of Laminated Natural Fibre Board from Banana Tree Wastes. **Procedia Chemistry**, v. 19, p. 999-1006, 2016.

BAZOTI, Suzana F. *et al.* Second-generation ethanol from non-detoxified sugarcane hydrolysate by a rotting wood isolated yeast strain. **Bioresource Technology**, v. 244, p. 582-587, 2017.

BONATTO, Charline *et al.* Utilization of seawater and wastewater from shrimp production in the fermentation of papaya residues to ethanol. **Bioresource Technology**, v. 321, p. 124501, 2021.

FAO. Agricultural Production Statistics 2000–2022. Rome. 2023; Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/a514cd44-6613-4ada-b899-bbd408c41151>. Acesso em: 04 jul. 2025.

KANDEEBAN, M; MALARKODI, M. Assessment of the farmers attitude towards banana cultivation and export in Coimbatore and Erode districts of Tamil Nadu. **International Journal Of Farm Sciences**, v. 9, n. 1, p. 49, 2019.

SAWARKAR, Ashish N. *et al.* Bioethanol from various types of banana waste: a review. **Bioresource Technology Reports**, v. 18, p. 101092, 2022.

OLADOJA, Nurudeen Abiola *et al.* Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal Of Water Process Engineering**, v. 6, p. 174-192, 2015.

TAHERZADEH, Mohammad J.; NIKLASSON, Claes. Ethanol from Lignocellulosic Materials: pretreatment, acid and enzymatic hydrolyses, and fermentation. **Acs Symposium Series**, p. 49-68, 2004.

ZANIVAN, Jessica *et al.* Evaluation of Bioethanol Production from a Mixed Fruit Waste by *Wickerhamomyces sp.* UFFS-CE-3.1.2. **Bioenergy Research**, v. 15, n. 1, p. 175-182, 7 2021.

**Palavras-chave:** Resíduo de frutas; Etanol de segunda geração; Fermentação alcoólica.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2024-0106

## Financiamento

