

FERMENTAÇÃO SHF E SSF DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE CAPIM ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE ETANOL

ANA C. G. VARGAS^{1,2}, CAROLINE PAGANI CENCI^{1,2}, VIVIANI TADIOTO^{2,3},
ANDERSON GIEHL^{2,3}, SÉRGIO L. ALVES JR.^{2,4}, JOÃO P. BENDER^{2,5}

1 Introdução

A demanda sólida e crescente por combustíveis, associada às inúmeras variações positivas no valor do barril de petróleo nas últimas décadas, evidencia, a cada década, a necessidade da diversificação da matriz energética dos países. O Brasil, por exemplo, possui uma demanda interna de aproximadamente 33,6 bilhões de litros de etanol por ano, devido, principalmente, ao seu uso obrigatório na mistura de combustíveis para transporte, além de possuir os recursos e condições necessárias para a expansão de culturas alternativas sem a exploração de novos territórios através das plantações entre safras, uma alternativa de plantação que não compete as plantações de alimentos e possibilita a flexibilização da produção de etanol (KUPCZYK et al., 2019; EPE, 2021).

A xilose, açúcar mais abundante na hemicelulose, não pode ser utilizado para a produção de etanol. Todavia, esse açúcar pode dar origem a outro produto de fermentação desejado pela indústria: o xilitol. Dessa forma, enquanto o etanol é produzido a partir da glicose, monômero da celulose, o xilitol é provindo principalmente da fermentação incompleta do monômero da hemicelulose, a xilose. Estratégias de coprodução baseadas na produção integrada de produtos de alto valor junto à produção de etanol têm se concretizado como uma abordagem promissora para a economia de processo e produto nas biorrefinarias à base de lignocelulósicas (DU et al., 2020; CHANDEL et al., 2018).

¹ Discente do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Chapecó, SC, Brasil. E-mail: anacarolina.giacomelli99@gmail.com. **Bolsista.**

² Grupo de Pesquisa: Processos enzimáticos e microbiológicos.

³ Discente do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Chapecó, SC, Brasil.

⁴ Docente do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Chapecó, SC, Brasil.

⁵ Docente do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Chapecó, SC, Brasil. **Orientador.**



2 Objetivos

Esse estudo objetivou o pré-tratamento, a hidrólise enzimática e a fermentação em batelada da biomassa de capim elefante de modo a alcançar elevados rendimentos de álcool e xilitol e avaliá-la como uma possível rota para a produção desses subprodutos da fermentação e associá-la às demais rotas das biorrefinarias à base de materiais lignocelulósicos.

3 Metodologia

Dois métodos de pré-tratamento para a biomassa foram investigados. O primeiro método de pré-tratamento foi realizado em condições previamente definidas por este grupo de pesquisa (BOHN et al., 2021; VARGAS et al., 2021). O segundo método foi adaptado do tratamento Liu et al. (2018) descrito para remoção de lignina. A etapa de hidrólise enzimática, para cada pré-tratamento realizado, foi procedido nas condições previamente definidas pelo grupo de pesquisa (BOHN et al., 2021).

Posteriormente, a fermentação em batelada seguiu um protocolo também descrito recentemente (TADIOTO et al., 2022). As fermentações foram realizadas com duas linhagens de leveduras, puras ou combinadas (1:1): a levedura industrial *Saccharomyces cerevisiae* PE-02 e a cepa de levedura selvagem *Meyerozyma caribbica* CHAP-096, previamente isolada de resíduos de milho em decomposição (TADIOTO et al., 2022). Nesse sentido, para cada hidrolisado, foram analisadas três condições de fermentação (com suas próprias triplicatas independentes): duas com culturas puras e uma com ambas as linhagens combinadas.

As concentrações de açúcares totais, etanol e xilitol foram quantificados através de curvas de calibração obtidas por meio da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) sob as condições operacionais descritas por Rabelo et al. (2014) e Tadioto et al. (2022).

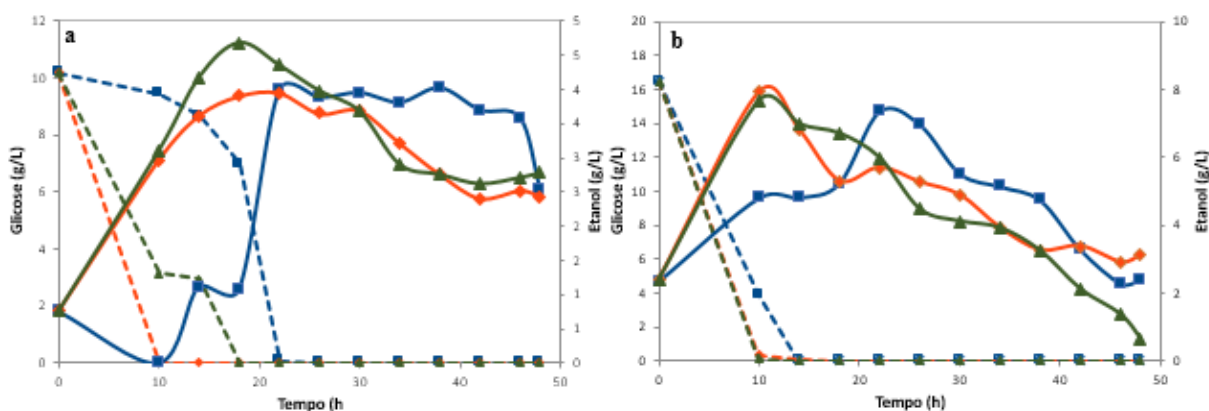
4 Resultados e Discussão

A quantificação dos licores mostrou que o hidrolisado obtido pela metodologia de Bohn et al. (2021) e Vargas et al. (2021) continha 19,88 g/L de açúcares totais (11,04 g/L de glicose, 8,20 g/L de xilose e 0,64 g/L de celobiose), enquanto o hidrolisado gerado a partir da metodologia adaptada de Liu et al. (2018) continha 25,61 g/L de açúcares totais (22,12 g/L de glicose e 3,50 g/L de xilose). Neste último hidrolisado, ambas as linhagens foram capazes de consumir os açúcares disponíveis em cerca de 30 horas de cultivo, sendo a glicose esgotada

nas primeiras 22 horas como primeira fonte de carbono. Em contraste, quando as leveduras foram cultivadas no hidrolisado com base em Bohn et al. (2021) e Vargas et al. (2021), suas células deixaram até 84,71% de xilose residual no meio (nas três condições de fermentação), embora a glicose tenha sido totalmente esgotada após 10 a 14 horas de incubação.

Os rendimentos de etanol atingiram 0,36 g_{etanol}/g_{glicose} para levedura industrial, 0,36 g_{etanol}/g_{glicose} para levedura selvagem e 0,42 g_{etanol}/g_{glicose} para a combinação de leveduras no hidrolisado com base em Bohn et al. (2021) e Vargas et al. (2021), representando 70, 70 e 83 % do rendimento teórico máximo (0,511 g_{etanol}/g_{glicose}). Para o hidrolisado adaptado de Liu et al. (2018), os rendimentos foram de 0,36, 0,33 e 0,35 g_{etanol}/g_{glicose} para a levedura industrial, levedura selvagem e a combinação de leveduras, respectivamente, representando 70, 65 e 68 % de rendimento teórico máximo. Os resultados descritos são demonstrados na Figura 1.

Figura 1 – Consumo de glicose e produção de etanol



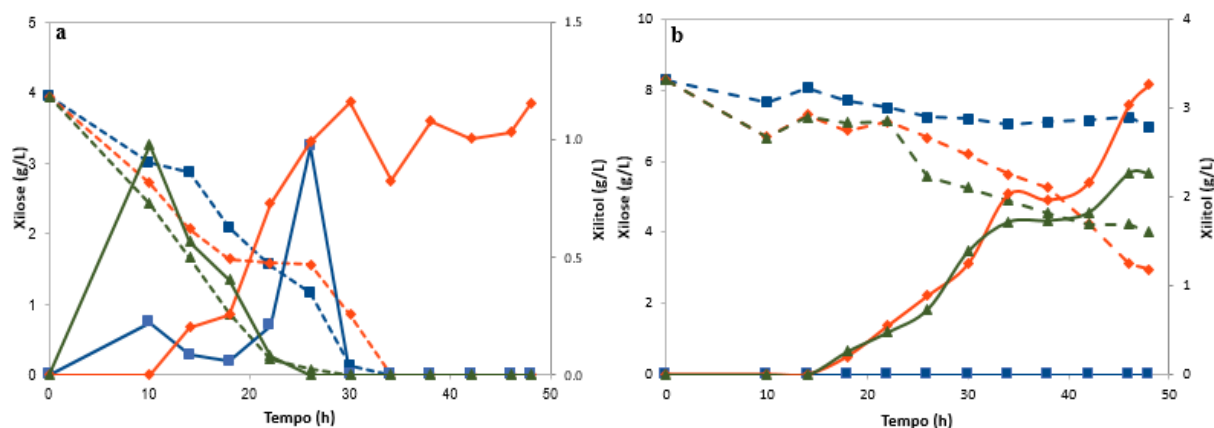
Bohn et al., (2021) e Vargas et al. (2021) (a), Liu et al. (2018) (b), consumo de glicose (linhas pontilhadas), produção de etanol (linhas sólidas), CHAP-096 (quadrado), PE-02 (diamante), CHAP-096 + PE-02 (triângulo).

Fonte: Próprios autores (2022).

O consumo de xilose pelas leveduras em meio provindo do hidrolisado adaptado de Liu et al. (2018) foi de 100 % nas três fermentações conduzidas. Os rendimentos de xilitol foram de 0,30, 0,05 e 0,25 g_{xilitol}/g_{xilose}, a partir da xilose consumida, para a levedura industrial, a levedura selvagem e a combinação de leveduras respectivamente. Para o meio provindo do hidrolisado de Bohn et al. (2021) e Vargas et al. (2021), o consumo de xilose foi cerca de 16, 64 e 52 % para a levedura selvagem, levedura industrial e a combinação de leveduras respectivamente. A partir dos consumos de xilose, o rendimento de xilitol, atingiu 0,61 g_{xilitol}/g_{xilose} para a levedura industrial, 0,0

gxilitol/gxilose para a levedura selvagem e 0,53 gxilitol/gxilose para a combinação das leveduras, conforme Figura 2.

Figura 2 – Consumo de xilose produção de xilitol



Bohn et al., (2021) e Vargas et al. (2021) (a), Liu et al. (2018) (b), consumo de xilose (linhas pontilhadas), produção de xilitol (linhas sólidas), CHAP-096 (quadrado), PE-02 (diamante), CHAP-096 + PE-02 (triângulo).

Fonte: Próprios autores (2022).

5 Conclusão

Os dados aqui apresentados demonstram que a cepa *M. caribbica*, isolada de resíduos de milho em decomposição, fermenta glicose de maneira tão eficiente quanto a levedura industrial *S. cerevisiae* para os meios e condições de fermentação utilizados. Todavia, a levedura selvagem não foi capaz de converter xilose em xilitol com rendimento semelhante à levedura industrial. Os subprodutos aqui obtidos encontram-se entre os mais desejados na bioindústria, logo, esse estudo possibilita a diversificação de matéria-prima e de levedura para a produção de etanol de segunda geração e a obtenção do xilitol por meio da levedura industrial PE-02.

Para projetos futuros, é válida a investigação do método de sacarificação e fermentação simultânea para a biomassa de capim elefante, a fim de realizar uma comparação em termos de rendimento e produtividade dos dois processos desenvolvidos.



Referências Bibliográficas

BOHN, L. R. et al. Alkaline pretreatment and enzymatic hydrolysis of corn stover for bioethanol production. *Research, Society and Development*, v. 2021, n. 2525– 3409, p. 1–13, 2021.

CHANDEL, A. K. et al. The path forward for lignocellulose biorefineries: bottlenecks, solutions, and perspective on commercialization. *Bioresource Technology*, v. 264, p. 370–381, 2018.

DU, C. et al. Production of bioethanol and xylitol from non-detoxified corn cob via a two-stage fermentation strategy. *Bioresource Technology*, v. 310, p. 123427, 2020.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA E ENERGIA). **Cenários de oferta de etanol e demanda de ciclo otto 2022-2030**: Rio de Janeiro 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-255/topico-605/EPE-DPG-SDB-NT-04-2021_Cenarios_de_Oferta_de_Etanol.pdf. Acesso em: 15 jun. 2022.

KUPCZYK, A. et al. Selected Aspects of Biofuels Market and the Electromobility Development in Poland: current trends and forecasting changes. *Applied Sciences*, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 254, 11 jan. 2019. MDPI AG.

LIU, Y. et al. Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from pomelo peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 111, p. 717–721, 2018.

RABELO, S. C. et al. Alkaline hydrogen peroxide pretreatment, enzymatic hydrolysis and fermentation of sugarcane bagasse to ethanol. *Fuel*, v. 136, p. 349–357, 2014.

TADIOTO, V., MILANI, L. M., BARRILLI, É. T. et al. Analysis of glucose and xylose metabolism in new indigenous *Meyerozyma caribbica* strains isolated from corn residues. *World J Microbiol Biotechnol* 38, 35 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03221-0>

VARGAS, A. C. G.; TIRONI, S. P.; MIBIELLI, G. M.; BENDER, J. P. Análise técnica de processos de pré-tratamentos da biomassa capim elefante (*Pennisetum purpureum*). *Anais da XI JIC*, Evento Online, v. 11, n. 1, 2021.

Palavras-chave: Capim elefante; Etanol 2G; Xilitol.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2021-0293

Financiamento: UFFS