



## X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

*"Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro"*

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Universidade Severino Sombra  
Vassouras – RJ – Brasil

### ESTUDO DA PRODUÇÃO DE BIOETANOL A PARTIR DO BAGAÇO DE MALTE

T. C. LIMA<sup>1</sup>, I. O. ARAÚJO<sup>2</sup>, J. G. ANTUNES<sup>3</sup>, C. J. G. MATOS<sup>4</sup>, C. S. S. PEREIRA<sup>5</sup>

<sup>(1)</sup> Químico Industrial – USS <sup>(2)</sup> Centro de Tecnologia SENAI Ambiental <sup>(3)</sup> Centro de Tecnologia SENAI Alimentos e Bebidas <sup>(4,5)</sup> Docente – CECETEN/USS  
Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e da Natureza - USS,  
Avenida Expedicionário Osvaldo de Almeida Ramos, 280 – Vassouras, RJ – CEP 27700-000  
e-mail: [imar@firjan.org.br](mailto:imar@firjan.org.br); [crispereirauss@gmail.com](mailto:crispereirauss@gmail.com)

**RESUMO** - O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de bioetanol a partir do bagaço de malte, que representa cerca de 85% do total de resíduos gerados em uma cervejaria. O bagaço sofreu um pré-tratamento pelo método de explosão a vapor, a alta temperatura e pressão, facilitando o acesso da enzima à fibra da celulose. Essa explosão foi feita com bagaço de malte catalisado via ácido sulfúrico a 10% e bagaço sem catalisador para uma comparação de resultados. Realizou-se uma hidrólise enzimática para a conversão da celulose em glicose, em seguida verificou-se a viabilidade do processo para a produção de etanol a partir da fermentação alcoólica da biomassa utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os rendimentos na produção de etanol foram de 4,2 % (v/v) para a fermentação realizada com bagaço tratado com ácido e 0,75% (v/v) para a fermentação realizada com bagaço tratado sem ácido. Os resultados permitiram concluir que o bagaço de malte apresentou características favoráveis para a obtenção do bioetanol.

**Palavras chave:** fermentação, hidrólise enzimática, *Saccharomyces cerevisiae*.

## INTRODUÇÃO

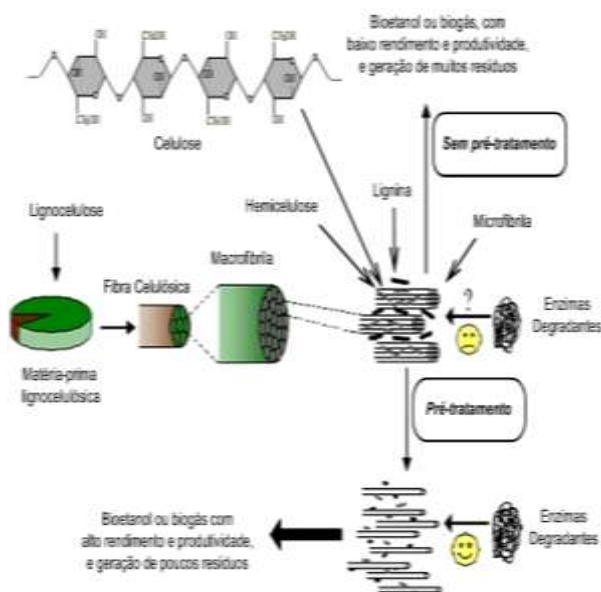
Conceitualmente, a produção de etanol costuma ser classificada em dois tipos: etanol de primeira geração, obtido a partir da sacarose da biomassa, e o de segunda geração, obtido a partir da celulose de matérias-primas lignocelulósicas, chamado também de etanol lignocelulósico. Os materiais lignocelulósicos são formados por estruturas duras e fibrosas, compostas majoritariamente pelos polissacarídeos celulose e hemicelulose (cerca de 70% da massa seca), entremeados por outra macromolécula formada por álcoois aromáticos, a lignina, aos quais se encontra unida por ligações covalentes e de hidrogênio. (Neureiter *et al.*, 2002). O bagaço de malte é um subproduto do

processo de produção das cervejarias formado pela parte sólida obtida da filtração do mosto cervejeiro antes da fervura e é constituído principalmente de restos de casca e polpa de malte. Ele representa cerca de 85% do total de subprodutos gerados em uma cervejaria, sendo que para cada 100 L de cerveja produzida, são obtidos aproximadamente 20 kg de bagaço (Reinold, 1997). A utilização efetiva dos materiais lignocelulósicos em processos biotecnológicos apresentam dois obstáculos principais: a estrutura cristalina da celulose, altamente resistente à hidrólise; a associação lignina-celulose, que forma uma barreira física que impede o acesso enzimático ou microbiológico ao substrato (Brasil, 2010).

Para que os materiais lignocelulósicos possam ser utilizados como matérias-primas na produção de etanol e de outras substâncias químicas, é necessário que sejam separados. Nesta separação é imprescindível uma etapa de pré-tratamento, que visa fundamentalmente desorganizar o complexo lignocelulósico (Brasil, 2010).

Os tratamentos mais adequados são: a pré-hidrólise ou a chamada explosão a vapor, com despolimerização e dissolução quase completa das hemiceluloses. Do material restante (celulose + lignina), a celulose pode ser separada pela dissolução da lignina com álcalis (deslignificação), ficando com a sua acessibilidade aumentada ao ataque catalítico, ou a lignina pode ser separada, pela hidrólise da celulose com ácidos minerais fortes, concentrados ou diluídos, a temperaturas elevadas (Brasil, 2010).

Os principais processos de hidrólise aplicados à produção de etanol de segunda geração podem ser químicos ou enzimáticos.



**Figura 1 - Efeito do pré-tratamento na acessibilidade das enzimas degradantes (TAHERZADEH e KARIMI, 2008b).**

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a produção de bioetanol a partir do bagaço de malte, que representa cerca de 85% do total de resíduos de uma cervejaria.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

O microrganismo utilizado nas fermentações foi uma linhagem de levedura industrial, *Saccharomyces cerevisiae*, cedida pelo Centro de Tecnologia de Alimentos e Bebidas SENAI/Vassouras/RJ.

### Metodologia

O processo de fermentação e as análises foram realizados no Centro de Tecnologia de Alimentos e Bebidas SENAI/Vassouras/RJ, onde o bagaço cedido foi seco em estufa. A Figura 2 apresenta o bagaço utilizado nos procedimentos



**Figura 2 - Bagaço de malte utilizado no experimento (cedido pelo Centro de Tecnologia de Alimentos e Bebidas SENAI/Vassouras/RJ).**

### Pré-tratamento pelo método de explosão a vapor

Foram realizados tratamentos por explosão a vapor com bagaço de malte catalisado via ácido sulfúrico a 10% e bagaço sem catalisador para uma comparação de resultados. Todas as análises foram feitas em triplicata. Em ambas as explosões o bagaço foi aquecido à 120° C e pressão de 1 cm.Hg, utilizando a autoclave modelo Fabbe – Primar. Foi utilizado 200g de bagaço para 100 mL de ácido sulfúrico, ou seja 2g/mL de ácido sulfúrico.

### Hidrólise enzimática

No presente trabalho foram realizadas hidrólises com bagaço pré-tratado via ácido sulfúrico e com o bagaço pré-tratado sem o

catalisador. Nos dois tipos de bagaço foi utilizada a enzima celulase, que atuou diretamente na celulose, tornando o processo mais eficiente. Foi utilizada a enzima *Celulase Novozymes* cedida pelo Centro de Tecnologia de Alimentos e Bebidas SENAI/Vassouras/RJ. Ela foi adicionada ao bagaço com pressão normal, temperatura constante (25° C) e pH= 4,5 por 2 horas. O objetivo da celulase foi liberar a glicose, para posterior fermentação pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

### Processo fermentativo

Para o processo de fermentação, o líquido hidrolisado foi filtrado e fermentado pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* à 25°C. O bagaço pré tratado sem ácido sulfúrico foi fermentado por 36 horas, já que o bagaço pré tratado com ácido sulfúrico foi fermentado por 72 horas. Transferiu-se 20 mL de cada amostra para análises de açúcar e álcool em aparelho *beer analyser*, modelo SP-1, fabricado pela empresa Anton Paar.

**Tabela 1: consumo de extrato a cada 12 horas decorridas da fermentação**

Tempo (h)	Consumo de extrato (g/L)	
	Média	Desvio Padrão
0	1,90	0,01
12	1,03	$7,4535 \cdot 10^{-3}$
24	0,38	0,017
63	0,10	$7,4535 \cdot 10^{-3}$

### Fermentação feita com bagaço pré-tratado com ácido sulfúrico

A tabela 2 apresenta a geração das células (contagem em câmara de Neubauer) nos estágios iniciais e finais da fermentação.

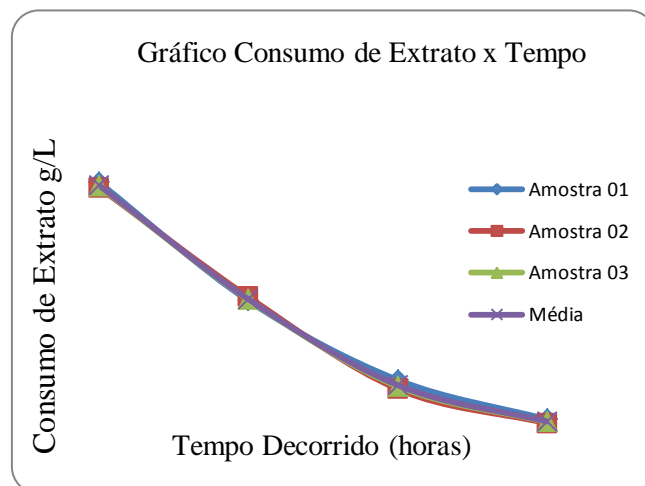
**Tabela 2: geração de células nas condições iniciais e finais da fermentação**

Tempo (h)	Geração de células (milhões de cel/mL)	
	Média	Desvio Padrão
0	15,2	0,09428
24	22,8	0,14530
48	25,4	0,30732
72	27,3	0,16667

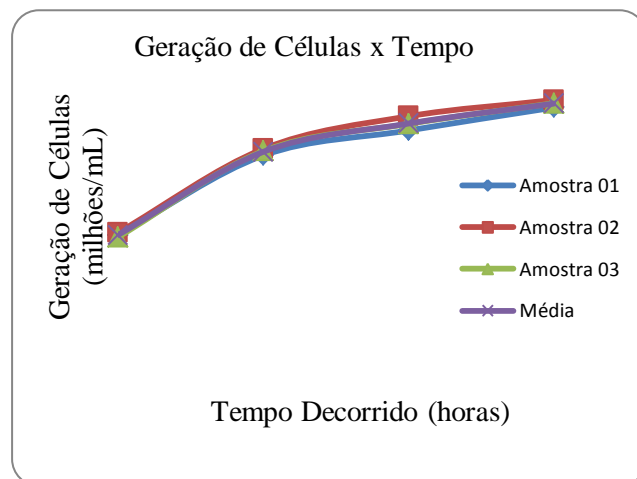
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fermentação feita com bagaço pré-tratado sem ácido sulfúrico:

A Tabela 1 apresenta o consumo de extrato no estágio inicial e a cada 12 horas decorridas de fermentação.



**Figura 3: Apresenta os valores do consumo de extrato x tempo durante a fermentação do bagaço pré-tratado sem ácido sulfúrico**



**Figura 4: Apresenta os valores de geração de células x tempo durante a fermentação do bagaço pré-tratado com ácido sulfúrico**

**Tabela 3 - Resultados obtidos na fermentação realizada com o bagaço tratado com ácido e sem ácido após tratamento**

Parâmetros	Bagaço*	Bagaço**
Massa de glicose (g)	32	0,5
Massa de maltose (g)	39	1,42
Concentração inicial do mosto (° P)	12,7	1,9
Concentração final do mosto (° P)	5,1	0,1
Concentração de etanol % (v/v)	4,2	0,75
Dosagem inicial de levedura (milhões)	15,2	2,1
Quantidade final de células (milhões)	27,3	3,3
Tempo de fermentação (horas)	72	36
Temperatura (°C)	25	25

\*com ácido; \*\* sem ácido; °P (Grau Plato): unidade de concentração definida como a porcentagem em massa de sacarose presente em uma solução.

O hidrolisado hemicelulósico de bagaço de malte apresentou como principais constituintes os açúcares glicose e maltose, o que demonstra que a fração hemicelulósica do material foi hidrolisada com eficiência. A eficiência do processo que utilizou bagaço tratado com ácido pode ser explicada pelo pré-tratamento, além das condições favoráveis à hidrólise enzimática como a temperatura constante (25° C) e pH= 4,5.

A escolha do microrganismo *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação alcoólica também foi um fator determinante para a eficiência do processo, devido à sua capacidade de assimilar facilmente a glicose da cana ou a celulose de biomassas residuais (Sánchez e Carbona, 2008).

Os rendimentos na produção de etanol do presente trabalho foram de 4,2 % (v/v) para a fermentação feita com bagaço tratado com ácido e 0,75% (v/v) para a fermentação feita

com bagaço tratado sem ácido, valores estes dentro da faixa do rendimento esperado.

O bagaço de malte apresentou características favoráveis para uso em processos fermentativos.

## CONCLUSÃO

Os resultados apresentados evidenciam que o bagaço de malte apresenta características favoráveis para a obtenção do bioetanol e podem ser tomados para pesquisas futuras que busquem um melhor rendimento no processo. O bagaço pode ser mais uma das alternativas de produção de etanol de segunda geração por ser uma fonte renovável de carbono e energia disponível em grande quantidade no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Química verde no Brasil 2010-2030. Brasília, MCT/CGEE, 2010. 433 p.
- Neureiter *et al.* (2002). Dilute-acid hydrolysis of sugarcane bagasse at varying conditions. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 98, p. 49-58.
- Parisi, F. (1989) *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol*, 38, 53-87.
- Rabelo, S.C. Avaliação de desempenho do pré-tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino para a hidrólise enzimática de bagaço de cana-de-açúcar. 2007. 180 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2007.
- R. Reinold. M. Manual Prático de Cervejaria. 1. Ed. São Paulo: Aden, 1997. 213p.
- Sánchez *et al* (2008). Trends in biotechnological production of fuel ethanol different feedstocks. *Bioresource Technology*, v. 99, p. 5270 – 5295.
- Taherzadeh, M. e Karimi, K. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 9, p. 1621-1651, 2008.