

## FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA DO CALDO DA CANA: PARÂMETROS OPERACIONAIS DE RESPOSTA NO PROCESSO

Camilo Bastos Ribeiro<sup>123</sup>  
William Gouvêa Buratto<sup>124</sup>  
Matheus Vitor Diniz Gueri<sup>125</sup>  
Gustavo Rinaldo Scaburi<sup>4</sup>  
Fabricio Vieceli Gonzeli<sup>5</sup>

### RESUMO

Através da constante busca pela redução da dependência do petróleo para fins energéticos, associados aos benefícios ambientais e sócio políticos, destaca-se o etanol como o biocombustível com maior capacidade de inserção no mercado, devido principalmente a variedade de matérias primas renováveis com características químicas capazes de sintetizar esse combustível, e também pela relativa facilidade de operação do processo bioquímico adotado para a produção, definido como fermentação alcoólica. Dessa forma o presente estudo apresenta a resposta de parâmetros significativamente relevantes no processo de fermentação, visando a produção de etanol, adotando como matéria prima o caldo da cana de açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** biocombustível; fermentação alcoólica.

### 1 INTRODUÇÃO

Observa-se nas últimas décadas o constante aumento na utilização de petróleo para fins energéticos, incluindo os combustíveis minerais utilizados para movimentar o setor de transporte, tais como a gasolina e o óleo diesel (transporte pessoal e de cargas). Paralelamente à elevada demanda por energia a base de petróleo, no contexto atual, relevam-se os problemas/impactos ambientais, principalmente relacionados a extração mineral, que trata-se de um impacto ambiental irreversível, e a poluição atmosférica proveniente da queima desses combustíveis, associados a

---

<sup>123</sup> Engenheiro Ambiental. Mestrando em Bioenergia na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). E-mail: cb\_ambiental@hotmail.com

<sup>124</sup> Graduando em Engenharia Ambiental na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: williamburatto@hotmail.com

<sup>125</sup> Engenheiro Ambiental. Mestrando em Bioenergia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). E-mail: mgueri@hotmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental. Mestrando em Bioenergia na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). E-mail: gustavo.scaburi@gmail.com

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Ambiental na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). E-mail: engfabriciogv@gmail.com



outras razões políticas (WU et al., 2004; AGARWAL, 2007). Atualmente o aumento da poluição do ar é um dos problemas mais importantes nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, e pode-se dizer que as fontes móveis (setor de transporte) possuem o papel de maior relevância nesse sentido (KOÇ et al., 2009).

A busca pela equivalência energética através de combustíveis alternativos (biocombustíveis) cresce de maneira expressiva, onde diversos estudos buscam a minimização das problemáticas do uso de petróleo, através da síntese de combustíveis a base de matérias primas naturais e renováveis (MASSON et al., 2015). Sendo evidente a minimização dos impactos ambientais relacionados a extração mineral, diversos autores trazem também significativas reduções nas emissões de poluentes atmosféricos quando são utilizados os biocombustíveis líquidos (etanol e biodiesel) puros ou misturados aos combustíveis minerais, em motores de combustão interna (COSTA E SODRÉ, 2010; HSIEH et al., 2002; JIA et al., 2005; WU et al., 2004; YANG et al., 2012).

Além desses fatores, no Brasil torna-se favorável a produção de biocombustíveis, devido ao país possuir um grande potencial territorial e condições climáticas para o desenvolvimento de diferentes espécies como a cana de açúcar (sacarinas) e oleaginosas, que podem servir como matéria prima para a produção de etanol e biodiesel, e pode-se considerar que esses meios de geração de energia não apresentam condições de competição com as áreas de agricultura para alimentação no país, facilitando a aceitação social e econômica (TRZECIZAK et al., 2008).

O etanol obtido a partir do caldo de cana-de-açúcar é atualmente o combustível com maior capacidade de atender à demanda por energia alternativa no setor de transporte do Brasil, fato que se deve ao grande crescimento da cadeia produtiva da cana de açúcar no país, devido à associação na produção do açúcar e do etanol de primeira geração. A produção de etanol a partir matérias primas solúveis ocorre por meio de um processo bioquímico, onde há a presença de leveduras na alteração da constituição química do substrato, e de maneira geral, o processo é comumente conhecido como fermentação.

Na síntese de etanol a partir da fermentação, é necessário que uma série de parâmetros sejam atendidos para que o processo ocorra da maneira esperada e seja produzido um combustível de qualidade. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo a transformação do caldo da cana de açúcar em etanol a partir da fermentação alcoólica por processo anaeróbio, e observar alguns parâmetros de R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.465-472, dez. 2015.

resposta, tais como pH, temperatura, BRIX, concentração celular e o teor de etanol através do ebuliômetro.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Análises das amostras fermentadas**

As análises físico químicas foram realizadas para as amostras provenientes de diferentes tempos de fermentação. Os tempos para determinação de resposta dos parâmetros analisados foram de 4,12,17,21,36 e 42 horas. Foram analisados os seguintes parâmetros:

#### *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

Para a determinação do pH utilizou-se tiras de indicador universal, marca Merck. A coloração obtida é comparada com as colorações padrões da caixa.

#### *Brix (sólidos solúveis)*

Os valores da concentração de açúcar (sacarose) nas amostras foram obtidos por meio de um refratômetro.

#### *Concentração celular*

Absorbância: para cada amostra foi retirada uma alíquota do mosto fermentado e colocada em uma cubeta para a realização da leitura de absorbância (620nm));

A absorbância das amostras foi obtida por meio do equipamento espectrofotômetro UV-VIS, em região de comprimento de onda de 620 nm. Antes da realização das medidas, as amostras foram diluídas 50 vezes, ou seja, foram pipetados 2 ml da amostra em um balão volumétrico de 100 ml. Em seguida o fator de diluição foi corrigido, e então realizada a regressão linear da absorbância real em função do tempo, assim encontrados os valores de concentração celular.

#### *Produto (teor alcoólico - ebuliômetro)*

O ebuliômetro foi utilizado para quantificar o teor de álcool em soluções mistas álcool-água, por meio da diferença entre as temperaturas de ebulição da água pura e da solução. Baseado nessa comparação, foi possível determinar o percentual de álcool (v/v), com o auxílio de uma régua referencial.

O equipamento contou com um condensador acoplado, assim como um termômetro para a medição de temperatura. Em seguida o pavio da lamparina foi aceso e aguardou-se entre 3 e 5 minutos para que a temperatura ficasse estabilizada. Anotou-se a temperatura e com o auxílio da régua de correção foi determinado o teor alcoólico do fermentado. Ao término de cada leitura, o termômetro foi removido e o ebuliômetro foi lavado direto para água corrente, contando com o auxílio de uma luva (proteção quanto ao material do equipamento aquecido).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ebuliômetro (determinação do teor alcoólico)

A temperatura de ebulição das amostras fornecida pelo equipamento tem relação direta com a quantidade de álcool presente na mistura álcool-água por meio da diferença entre as temperaturas de ebulição da água pura e da solução. Deste modo, com o auxílio de uma régua referencial, foram obtidos os valores de graduação alcoólica das amostras. Posteriormente, os valores em °GL (v/v) foram transformados para °INPM (m/v), como mostra a tabela 1.

Tabela 1. Relação das graduações alcoólicas em diferentes unidades por amostra.

Amostras	Tempo (h)	°GL (v/v)	°INPM (m/v)
1	04	0	0
2	12	6,2	5,02
3	17	6,3	5,1
4	21	6,5	5,3
5	36	7,2	5,9
6	42	7,4	6

Fonte: Dados experimentais.

Através da tabela 1 é possível observar o aumento sucessivo da graduação alcoólica em função do tempo, mostrando a evolução da fermentação, ou seja, com o passar do tempo maior foi a conversão de açúcares em etanol.

#### 3.2 Concentração celular

Os valores de absorvância obtidos foram multiplicados por 50 para a determinação da absorvância real, sendo compensado o fator de diluição, como mostra a tabela 2.

Tabela 2. Relação das absorvâncias por amostra.

<b>Amostras</b>	<b>Tempo (h)</b>	<b>Absorvância diluída</b>	<b>Absorvância real</b>
1	04	0,164	8,2
2	12	0,170	8,5
3	17	0,190	9,5
4	21	0,215	10,75
5	36	0,249	12,45
6	42	0,290	14,50

Fonte: Dados experimentais.

Para calcular a concentração celular, foi realizada a regressão linear da absorvância real com o tempo, e obteve-se o valor de 39,533 para A, 5,777 para B e 0,978 para R. Os valores de A e B foram colocados em uma equação de primeiro grau, sendo que, Y representa a absorvância real e X representa a concentração de microrganismo. A equação 1 demonstra o X já isolado:

$$X = (Y - 5,777) / 39,533 \quad (1)$$

Foi substituído em Y o valor de absorvância real de cada amostra, deste modo, foram obtidos os valores da concentração de microrganismos, como mostra a tabela 3.

Tabela 3. Relação de concentração de microrganismos por amostra.

<b>Amostras</b>	<b>Concentração de celular (g/L)</b>
1	0,061
2	0,0688
3	0,0941
4	0,1257
5	0,1687
6	0,2206

Fonte: Dados experimentais.

É possível observar o aumento da concentração de microrganismos, revelando a reprodução dos mesmos com o passar do tempo. Uma vez que a amostra esteja rica em açúcares, irá favorecer a multiplicação das leveduras.

### 3.3 Brix (sólidos solúveis) e pH

Segundo Masson et al. (2015), a cana de açúcar encontra-se entre as espécies consideradas com alta densidade energética, ou seja, possui elevada concentração de açúcares redutores (AR), facilitando o processamento em etanol. Dessa forma, o caldo da cana utilizado no presente trabalho apresentou resultados de AR elevados, característica da espécie utilizada como matéria prima.

A tabela 4 mostra os valores dos BRIX para cada amostra do caldo fermentado.

Tabela 4. Relação da concentração de sacarose por amostra.

Amostras	Brix (g/L)
1	13,9
2	13,1
3	13,1
4	12,1
5	11,3
6	10,5

Fonte: Dados experimentais.

Observa-se a redução do grau BRIX com o passar do tempo, revelando o consumo dos açúcares pelos microrganismos, e de forma geral, a evolução do processo de fermentação alcoólica. No entanto, no estudo de Masson et al. (2015), foi utilizada a mesma matéria prima para o processamento em etanol, e observa-se que em um período de 10 horas de fermentação, o consumo de açúcar aproxima-se da unidade, mostrando que o processo de conversão ocorreu da maneira esperada. Porém, no presente trabalho, os AR não foram convertidos como o esperado, apresentando um elevado excedente, ao passo que os tempos de fermentação deveriam ser suficientes para a total conversão (valor de AR próximo à unidade). Esses resultados mostram que provavelmente o processo foi dificultado pela presença de algum tipo de microrganismo inesperado e infeccioso para as leveduras, dificultando a reprodução e respectiva conversão dos açúcares em etanol.

No início do processo o pH das amostras apresentou valores na faixa de 4,5 a 4,9, próximos ao encontrado na literatura, podendo-se dizer que nessa faixa ocorre o favorecimento na reprodução das leveduras (AMORIM, 2005), e conseqüentemente há a inibição de desenvolvimento de bactérias infecciosas. Possivelmente a dificuldade de crescimento das leveduras ocorreu após alguma alteração dessas características físico-químicas no decorrer do processamento.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através da metodologia utilizada, foi possível obter a resposta de alguns parâmetros após a síntese do caldo de cana fermentado em diferentes períodos. O processo de fermentação apresentou reduções na concentração de BRIX, e apresentou aumento na concentração celular e na concentração de etanol em função do tempo. As concentrações de microrganismos e etanol estão abaixo dos valores encontrados normalmente na literatura, assim como, no final dos tempos analisados, os resultados mostraram que ainda existe a presença de açúcar (passível de ser convertido), mostrando que provavelmente ocorreu algum tipo de contaminação, impactando de forma negativa o crescimento das leveduras e conseqüentemente a conversão em etanol. Conclui-se assim que esse processo apresenta uma estrutura tecnicamente viável e possível de ser realizada, sendo possível obter de maneira relativamente simples a resposta dos principais parâmetros operacionais no processo.

### **ALCOHOLIC FERMENTATION OF CANE BROTH: RESPONSE OPERATING PARAMETERS IN THE PROCESS**

#### **ABSTRACT**

Through the constant search for reduction dependence of the petroleum for energy uses, associate to environmental and socio political benefits, contrast the ethanol as the biofuel with greater insertion capacity in the market, that is due mainly of variety renewable feedstock with chemical characteristics adequate for synthesize this biofuel, and also for relative ease of operation in the biochemical process used for the production, defined as alcoholic fermentation. However, this present study shows the significantly relevant parameters response in the fermentation process, aiming at ethanol production, using as feedstock the sugar cane broth.

**KEYWORDS:** biofuel; alcoholic fermentation.

#### **REFERÊNCIAS**

AGARWAL, A. K. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.465-472, dez. 2015.

combustion engines. **Progress in energy and combustion science**, v. 33, p. 233-271, 2007.

AMORIM, H. V. **Fermentação alcoólica, ciência & tecnologia**. Piracicaba: Fermentec, 2005. 448p.

COSTA, R. C.; SODRÉ, J. R. Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. **Fuel**, v. 89, p. 287-293, 2010.

HSIEH, W.-D.; CHEN, R.-H.; WU, T.-L.; LIN, T.-H. Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels. **Atmospheric Environment**, v. 36, p. 403-410, 2002.

JIA, L.-W.; SHEN, M.-Q.; WANG, J.; LIN, M.-Q. Influence of ethanol-gasoline blended fuel on emission characteristics from a four-stroke motorcycle engine. **Journal of Hazardous Materials**, A123, p. 29-34, 2005.

KOÇ, M.; SEKMEN, Y.; TOPGÜL, T.; YÜCESU, H. S. The effects of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine. **Renewable Energy**, v. 34, n. 10, p. 2101-2106, 2009.

MASSON, I. S.; COSTA, G. H. G.; ROVIEVO, J. P.; FREITA, L. A.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 45, n. 9, p.1695-1700, set, 2015

WU, C.-W.; CHEN, R.-H.; PU, J.-Y.; LIN, T.-H. The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels. **Atmospheric Environment**, v. 38, p. 7093-7100, 2004.

YANG, H.-H.; LIU, T.-C.; CHANG, C.-F.; LEE, E. Effects of ethanol-blended gasoline on emissions of regulated air pollutants and carbonyls from motorcycles. **Applied Energy**, v. 89, p. 281-286, 2012.