

Antonio Bermudo Neto

## **SUBSTITUIÇÃO DO DIESEL POR BIOMETANO, EM CAMINHÕES E COLHEDORAS, UTILIZANDO SISTEMA “DUAL-FUEL”**

### **RESUMO**

No Brasil, a cada tonelada de cana-de-açúcar processada, utiliza-se, em média, 2,26 litros de diesel, considerando basicamente o consumo das colhedoras e caminhões de transbordo, e como o diesel é um combustível fóssil, afeta negativamente o balanço energético do etanol produzido. O biometano obtido através da biodigestão anaeróbica da vinhaça torna-se uma excelente alternativa na substituição parcial do diesel, através da utilização do sistema “dual-fuel”, instalados nesses equipamentos, que além de resultar em vantagens comerciais, logísticas e de redução das emissões, proporciona um incremento de aproximadamente 87% no indicador referente ao balanço energético, considerando uma substituição média de 60% do diesel.

**Palavras-chave:** Vinhaça. Biometano. Substituição do Diesel. Sistema “Dual-Fuel”.

### **1 INTRODUÇÃO**

Os motores diesel são amplamente utilizados ao redor do mundo devido à sua alta eficiência de combustão, confiabilidade, adaptabilidade e eficiência econômica. No entanto, esses motores são um dos maiores contribuintes para poluição ambiental. Por outro lado, a demanda energética vem crescendo ao mesmo tempo que os recursos petrolíferos estão diminuindo. De maneira a aliviar a contradição entre a necessidade por aumento energético e a diminuição dos recursos petrolíferos, e, ao mesmo tempo, reduzir as emissões de poluentes, a utilização de combustíveis renováveis foi encontrada como uma solução atrativa. Entre os vários combustíveis alternativos, o biometano oriundo da vinhaça da cana-de-açúcar é muito promissor e altamente atrativo para o setor de transportes e equipamentos agrícolas.

A tecnologia diesel-gás ou “Dual-Fuel” tem sua base na utilização do motor original do ciclo diesel e na queima combinada do biometano com o óleo diesel. Realiza-se por meio da instalação de um kit [1], composto pelos conjuntos de armazenamento e gerenciamento eletrônico do motor.

A grande vantagem desse sistema é a reversibilidade, permitindo ao veículo/equipamento funcionar no modo 100% diesel na falta do biometano e facilitando a revenda do mesmo na condição original. Neste artigo, será demonstrada

a vantagem no indicador do balanço energético ao se utilizar o biometano em conjunto com o sistema “Dual Fuel”.

### 1.1 Consumo de Diesel na Indústria Sucroenergética

Estudos mostram que a colheita mecanizada e o transporte da cana-de-açúcar são importantes consumidores de energia fóssil no ciclo de produção do etanol [1, 2]. O consumo de diesel depende de vários fatores, como a porcentagem de cana-de-açúcar colhida mecanicamente, distância percorrida e capacidade de carga dos caminhões de transporte de cana-de-açúcar, diferentes condições operacionais e densidade da colheita. A Tabela 1 apresenta os valores de consumo de diesel de acordo com diferentes autores.

**Tabela 1.** Consumo de óleo diesel na operação de transporte e colheita da cana-de-açúcar

	Transporte da Cana	Colhedora de cana
Macedo [2]	0,816 - 0,628	0,90
Macedo [3]	0,82 - 0,97	1,04 - 1,26
Seabra [4]	0,97	
Soares [5]	1,33	1,04
Silva [6]	0,97 - 1,04	1,19 - 1,22

Litros de óleo diesel por tonelada de cana de açúcar (l/TC)

Fonte: elaboração própria

### 1.2 Substituição do Diesel por Biometano

O biogás purificado, obtido da biodigestão anaeróbica da vinhaça, pode ser usado para substituir o diesel no processo de transporte e colheita da cana-de-açúcar. O sistema diesel-gás permite uma taxa de substituição entre 30 a 80%, dependendo do regime de operação: regimes de operação mais estáveis favorecem taxas de substituição mais altas, e regimes variáveis levam a taxas de substituição modestas.

Atualmente, existem vários projetos em andamento em usinas de álcool, na região sudeste do Brasil, visando a produção do biogás e a purificação para obtenção do biometano.

## 2 METODOLOGIA

No presente artigo, considera-se uma usina hipotética que processa 2 milhões de toneladas/safra, sendo 50% destinada à produção de etanol, com rendimento

conservador de 40 litros/tonelada de cana processada. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) [7], no processo de destilação são gerados 11,5 litros de vinhaça para cada litro de etanol.

Para calcular o volume potencial de biometano (VPB), utilizou-se a Equação 1:

$$\text{VPB (m}^3 \text{ de metano)} = \text{Produção de Etanol (m}^3\text{)} \times \text{Vinhaça Gerada (m}^3 \text{ vinhaça/m}^3 \text{ etanol)} \times \text{Vinhaça DQO [Kg DQO/m}^3 \text{ vinhaça)} \times \text{Fator de Conversão de Metano (m}^3 \text{ metano/Kg DQO)} \quad (1)$$

O metano é o único componente energético considerado no biogás e tem um poder calorífico inferior de 802,82 kJ/mol a 0°C (35.818 MJ/Nm<sup>3</sup> a 0°C e 1 atm) de acordo com a Norma Brasileira NBR 15213. O biometano é indicado para substituição do gás natural e diesel devido ao seu poder calorífico inferior e foram considerados como apresentados no Balanço Nacional de Energia 2018, da EPE [8], de 39.515 MJ/m<sup>3</sup> em 0°C e 1 atm e 35.497 MJ/L, respectivamente.

A Tabela 2 mostra o consumo estimado de diesel, a taxa de substituição e o consumo projetado no diesel-gás. O balanço energético (BE1) sem biometano é o resultado da divisão entre a energia renovável gerada na produção do álcool pela quantidade de energia fóssil do diesel consumida pelos caminhões e colhedoras. O balanço energético (BE2) com biometano considera os mesmos parâmetros, porém descontando o valor da energia fóssil substituída pelo biometano. O incremento de energia renovável (IE) será a relação entre BE2/BE1 – 1.

**Tabela 2.** Consumo de diesel calculado para transporte e colhedora de cana-de-açúcar e projeção do consumo de combustível com dual-fuel diesel-gás (l/TC para diesel, Nm<sup>3</sup> Biometano/TC para biometano)

		<u>Consumo de diesel estimado</u>	<u>Taxa de substituição</u>	<u>Consumo dual-fuel projetado</u>
Caminhão de transporte	Diesel (l/TC)	1,00	45%	0,55
	Metano (Nm <sup>3</sup> /TC)	-	-	0,45
Colhedora de cana	Diesel (l/TC)	1,26	60%	0,50
	Metano (Nm <sup>3</sup> /TC)	-	-	0,76

Fonte: elaboração própria

### 3 RESULTADOS

Volume Potencial de Produção de Biometano (VPB) =  $80.000 \times 11,5 \times 31,5 \times 0,2 = 5.796.000 \text{ m}^3$ .

Nas taxas de substituição indicadas na Tabela 2, serão consumidos 2.420.000  $\text{m}^3$  de biometano em substituição ao diesel. O excedente poderá ser injetado na rede de gasoduto, geração de energia e outros consumidores de diesel.

A Tabela 3 demonstra o ganho no balanço energético.

**Tabela 3.** Balanço energético do etanol com a substituição parcial de diesel por Biometano, nos caminhões e colhedoras equipados com o sistema Diesel-Gás

	Poder calorífico inferior (MJ/l)	Volume Diesel (l/Ton)	Volume Biometano (Nm <sup>3</sup> /Ton)	Resultado
a. Entrada fóssil sem biometano:	40	2,26	-	90,4 MJ/Ton
b. Substituição do diesel por biometano:	36	-	1,17	42,1 MJ/Ton
c. Entrada fóssil com biometano (=a-b)	-	-	-	48,3 MJ/Ton
d. Saída produto renovável (álcool) [6]	-	-	-	1760 MJ/Ton
BE1 = d/a	-	-	-	19,5
BE2 = d/c	-	-	-	36,4
IE = BE2/BE1 – 1	-	-	-	86,7%

Fonte: elaboração própria

### 4 CONCLUSÃO

O biometano, oriundo da vinhaça, desponta como a melhor alternativa para substituição do diesel utilizado na produção do etanol, sob o ponto de vista econômico, ambiental e no balanço energético. A tropicalização e o aperfeiçoamento do sistema “Dual-Fuel”, para essa aplicação, impulsionará a disseminação dessa tecnologia, com ganhos para toda a sociedade.

### REFERÊNCIAS

1. MOUETTE, D., et al. (2018). **Uso do gás natural e biometano no transporte coletivo urbano: uma avaliação sob a ótica ambiental**. São Paulo: Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo.
2. MACEDO, I.C., LEAL, M.R., & SILVA, J.E. (2004). **Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil**, São Paulo: SMA.

3. MACEDO, I.C., SEABRA, J.E., & SILVA, J.E. (2008). **Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020.** *Biomass and Bioenergy*, 32, 582–595.
4. SEABRA, J.E., MACEDO, I.C., CHUM, H.L., FARONI, C.E., & SARTO, C.A. (2011). **Life cycle assessment of Brazilian sugarcane products: GHG emissions and energy use.** *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5, 519–532.
5. SOARES, L.H., ALVES, B.J., URQUIAGA, S., & BODDEY, R.M. (2009). **Mitigação das emissões de gases de efeito estufa pelo uso de etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil.** Circular Técnica 27, EMBRAPA, Seropédica, RJ.
6. VINICIUS DA SILVA NETO, JORGE; GALLO WALDYR L. R.; NOUR, EDSON APARECIDO ABDUL. (2019). **Production and Use of Biogas from Vinasse: Implications for the Energy Balance and GHG Emissions of Sugar Cane Ethanol in the Brazilian Context.** Publicação Winley Online Library 2019. DOI: 10.1002/ep.13226
7. ANA. (2009). **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética.** Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA).
8. EPE. (2018). **Balço Energético Nacional 2018.** Relatório Síntese, Rio de Janeiro: EPE (Empresa de Pesquisa Energética).

## ABSTRACT

In Brazil, for each ton of processed sugar cane, an average of 2.26 liters of diesel is used, basically considering the consumption of harvesters and transshipment trucks, and as a fossil fuel, it negatively affects the energy balance of the ethanol produced. Biomethane obtained through anaerobic biodigestion of vinasse, becomes an excellent alternative in the partial replacement of diesel through the use of the diesel/gas system installed in these equipment's, resulting in commercial, logistical and reduced emissions. This article aims to demonstrate that the energy balance indicator has a gain of around 93% when using Biomethane, when compared to the exclusive use of diesel in this application.

**Keywords:** Sugar cane vinasse. Biomethane. Diesel Replacement. Dual-Fuel Systems.