

## Sistema de purificação de biogás de aterro sanitário empregando uma série de lavadores contendo soluções de Fe/EDTA e Ca(OH)<sub>2</sub>

Caio Augusto Chaves<sup>1</sup>, Marcelo Mendes Pedroza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Elétrica – IFTO. Bolsista do CNPq. e-mail: <caio.chaves@estudante.ifto.edu.br>

<sup>2</sup>Orientador, Departamento de Meio Ambiente – IFTO Palmas. e-mail: <mendes@ifto.edu.br>

**Resumo:** Essa pesquisa tem como objetivo avaliar a remoção de alguns constituintes indesejáveis do biogás (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O) oriundo do Aterro Sanitário de resíduos sólidos urbanos da cidade de Palmas - Tocantins, empregando um sistema lavador de gases de baixo custo com adição de aditivos na água de lavagem. A medição de vazão do biocombustível foi realizada através de um medidor de gás GLP Predial. Os testes de purificação do biogás foram realizados através de dois lavadores de gases seguidos por uma coluna recheada com sílica gel para retirada de umidade, sendo empregado no primeiro lavador uma solução de Fe/EDTA e no segundo uma solução de hidróxido de cálcio. A vazão média do sistema variou de 281 L/h a 608L/h. Já a concentração da solução lavadora do biogás foi de 0,1, 0,15 e 0,2 mol/L. A melhor eficiência de remoção do CO<sub>2</sub> foi obtida com a solução de 0,2 mol/L, sendo da ordem de 72%. Já para concentração de CH<sub>4</sub> o mínimo registrado foi de 71%.

**Palavras-chave:** Biocombustíveis, biometano, absorção, energia, resíduos

### 1 INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira tem como principal fonte a hidráulica, a qual apresenta instabilidade pois depende de chuvas, e em casos de secas se faz necessário a ativação das termoeletricas que acarreta no aumento do custo da produção energética e é extremamente poluente, pois o principal material utilizado nelas provem de matérias de origem fóssil, onde com a queima libere gases tóxicos e que contribuem para o efeito estufa e para as chuvas ácidas. Para se obter uma matriz energética estável e sustentável deve-se buscar novas fontes de energia, sendo uma delas o biogás gerado nos aterros sanitários (SIMÕES, 2015).

O biogás é principalmente composto de metano sendo um gás extremamente poluente, pois contribui com o efeito estufa e não pode ser absorvido pela natureza após emitido, sendo a principal maneira de evitar a emissão deste gás é através da queima, onde libera ocorre a liberação de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O para o ambiente o que é menos prejudicial para o meio ambiente melhorando a qualidade do ar (SILVA, M.L.B; MEZZARI, M.P., 2019).

Um dos problemas ambientais considerados no aterramento dos resíduos sólidos é a emissão do biogás, mistura gasosa combustível produzida pela digestão anaeróbia da matéria orgânica, composto por aproximadamente 45% de dióxido de carbono e 50% de metano. Traços de sulfeto de hidrogênio, nitrogênio, monóxido de carbono, carboidratos saturados ou halogenados e oxigênio estão ocasionalmente presentes no biogás. O biogás é preocupante do ponto de vista local (odores e efeitos sobre a saúde), regional e global (efeito estufa) (NIZAMI, et al., 2017).

Para o metano poder ser utilizado comercialmente, tanto como fonte para geração de energia como para uso doméstico ele precisa ter um certo grau de pureza, o que implica consideravelmente no seu poder calorífico que pode variar de 15 a 30 MJ Nm<sup>3</sup>. As principais impurezas presentes no biogás são o dióxido de carbono e o sulfeto de hidrogênio os quais se jogado na atmosfera geram chuvas ácidas e na utilização do biogás com essas impurezas em máquinas térmicas reduzem extremamente seu tempo de vida devido ao caráter ácido, reduzindo a viabilidade econômica de sua utilização pois aumenta os custos com manutenção dos maquinários além de serem danosos para a saúde humana (FRARE, 2009).

A melhor forma encontrada para retirar o H<sub>2</sub>S do biogás, foi através de uma reação química de oxirredução Segundo Wubs e Beenackers (1993) (Equação 1) com o Fe/EDTA (Figura 3) onde o biogás é imerso na solução de Fe/EDTA vaporizada numa coluna de purificação (Figura 1), ocorrendo a reação durante a passagem do gás pela coluna.



Existem várias maneiras de aproveitar o potencial energético presente nos resíduos sólidos descartados nos aterros. Entretanto, para que o biogás gerado seja captado em grande volume sem perdas para atmosfera, o aterro deve estar em conformidade com as normas nacionais além de um sistema de captação eficiente de biogás disponibilizado para exploração energética (SOUZA-FILHO, 2016). O tratamento e purificação de biogás podem contribuir com os seguintes aspectos: (a) aumentar a proporção de gás metano, (b) reduzir a corrosão e os danos em metais e peças e (c) alterar os atributos do biogás para torná-lo mais semelhante ao gás natural. Entretanto, novas pesquisas também devem se preocupar com a eficiência de custos e os efeitos dos tratamentos com biogás, uma vez que foi constatado que esses tópicos raramente haviam sido incluídos em estudos em escala piloto.

As emissões do biogás podem causar danos ao meio ambiente, seres humanos e animais. Por outro lado, o biogás é uma fonte atraente de energia devido ao seu alto teor de CH<sub>4</sub>. No entanto, a utilização direta de biogás como combustível, sem a purificação eficiente poderá gerar problemas nas peças de motores, além de conduzir a geração de outros poluentes atmosféricos, como o SO<sub>2</sub> (GOULDING e POWER, 2013). Várias técnicas de purificação de biogás vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de potencializar o seu uso.

O Aterro Sanitário de Palmas, criado em 21 novembro de 2001, representa um projeto dos poucos da região Norte que atende as especificações ambientais exigidas pela legislação vigente. O aterro recebe em média 150 toneladas de resíduos sólidos urbanos diariamente. A disposição dos resíduos é feita em valas, revestidas com manta PEAD (Polietileno de Alta Densidade), com dimensões

de 180 metros de comprimento, 60 metros de largura e 2,5 metros de profundidade e sistema de drenagem de gases e lixiviados (MARQUES, 2019). De acordo com Coelho e Oliveira (2012) a produção estimada de biogás no aterro de Palmas vem aumentando durante os anos. Conforme os pesquisadores, as vazões teóricas de biogás nos anos de 2008, 2009 e 2010 foram de 40,44; 41,84 e 42,94 m<sup>3</sup>/h, respectivamente.

Marques (2019) aplicou a metodologia desenvolvida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, para a estimativa da geração teórica de emissões atmosféricas no Aterro Sanitário de Palmas (TO). No tocante a geração de biogás, de acordo com os dados obtidos na pesquisa, torna-se possível abastecer cerca de 3.251 residências com energia elétrica gerada pelo biocombustível, transmitindo assim, na real viabilidade do aproveitamento energético do biogás gerado.

Este projeto busca apresentar alternativas de purificação de biogás proveniente do Aterro Sanitário de Palmas (TO). O tratamento foi realizado em colunas de lavagem (tipo “spray tower scrubbers”) de gases através da absorção com reação química com a remoção dos gases H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub> em solução de Fe/EDTA e Ca(OH)<sub>2</sub>, respectivamente. A retirada de água realizada posteriormente em coluna de adsorção em sílica gel.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Desenvolvimento do lavador de biogás**

Para o desenvolvimento do lavador empregou-se tubulações de esgoto feitas de material PVC com diâmetros variados, além de encaixe com tampa vazada e um funil invertido no fundo para controle de volume das soluções. O processo de purificação do biogás ocorre no sistema de purificação (Figura 1), tendo início após a saída dos tubos de exaustão de gases do aterro, onde o gás passa por um medidor que afere seu volume, em seguida ele entra na coluna de purificação pela válvula de entrada.

Em seguida o gás do aterro passa pela câmara de reação no qual entra em contato com o reagente que foi vaporizado pelo tubo de vaporização. A função do tubo vaporizador é aumentar a eficiência do sistema, pois o reagente em forma de neblina tem uma maior área de contato com o biogás, proporcionando um melhor resultado.

O reagente condensa nas paredes do reator e se acumula até certo nível no fundo da câmara o excesso retorna para o tanque de armazenamento de reagente. O biogás passa duas vezes por colunas de purificação, para que possa entrar em contato com dois reagentes diferentes sendo eles o Fe/EDTA e o hidróxido de cálcio retendo assim o H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub>.

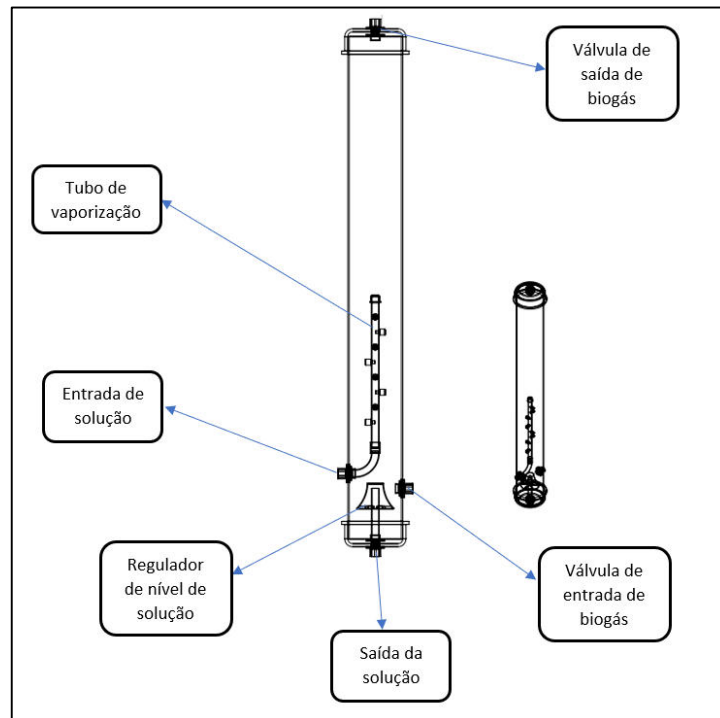


Figura 1 – Coluna de purificação  
Fonte: Autor (2021)

## 2.2 Preparação das soluções de Fe/EDTA e $\text{Ca}(\text{OH})_2$

### 2.2.1 Solução de Fe/EDTA

Para preparação da solução de Fe/EDTA seguiu-se os procedimentos metodológicos determinados por Horikawa et al. (2004). Inicialmente foi pesado 74,44 gramas do reagente EDTA (ácido etilenodiaminotetraacético) previamente seco. Em seguida, adicionou-se o reagente em um balão volumétrico de 1 litro e completou-se com água deionizada até o menisco.

Posteriormente, foi determinada a concentração da solução de EDTA por meio de titulação com uma solução de zinco contendo indicador Preto de Ericromio-T. Logo após determinação da concentração da solução de EDTA, empregou-se cerca de 6,07g de sal  $\text{FeBr}_2$  em 900 mL da solução de EDTA (pH ajustado a 9,5 com solução de NaOH a 4 molar) preparada anteriormente.

Após a dissolução do sal na solução de EDTA, ajustou-se o pH da solução de Fe/EDTA obtida em 7,5 e posteriormente dilui-se a 1 litro. A Figura 3 ilustra os reagentes empregados para a preparação das soluções.



Figura 3 – Preparação de solução de Fe/EDTA  
 Fonte: Autor (2021)

### 2.3 Monitoramento do lavador de gás

Foi empregado três produtos químicos para a purificação do biogás, sendo eles: (a) solução de Fe/EDTA 0,2 mol/L, (b) solução de hidróxido de cálcio 0,2 mol/L e (c) sílica gel sólida, seguindo recomendações de Srichat et al., (2017) e Pertiwinigrum et al. (2019).

A vazão da solução foi fixada em três níveis: 10, 20 e 30 L/min e a vazão de biogás, controlada por válvula de fluxo, foi fixada em 5, 10 e 15 L/min. O tempo usado para testar a absorção de dióxido de carbono para cada uma das soluções foi de 30 minutos por solução por taxa de fluxo, conforme recomendação de Srichat et al. (2017).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a avaliar as características químicas dos dois produtos químicos líquidos empregados na purificação de biogás (solução de Fe/EDTA e solução de hidróxido de cálcio), foi feita a análise de pH das soluções com aparelho de medição de pH digital ao longo da operação do sistema.

A Tabela 1 apresenta os dados experimentais obtidos durante a etapa de absorção de compostos do biogás proveniente do Aterro Sanitário de Palmas (TO) empregando coluna de lavagem com solução de hidróxido de cálcio. Nessa etapa foram consideradas como variáveis de processo a vazão da bomba de transporte da solução alcalina e a concentração da solução de hidróxido de cálcio.

Tabela 1 - Remoção de CO<sub>2</sub> de biogás, proveniente do Aterro Sanitário de Palmas, em coluna de lavagem

Variáveis do Processo de Lavagem de Biogás		Concentração do CH <sub>4</sub> (%)	Remoção de CO <sub>2</sub> (%)
Vazão da bomba (L/h)	Concentração da solução lavadora (mol/L)		
281	0,10	71	42
444	0,15	77	54
608	0,20	86	72

Fonte: Autor

O melhor resultado obtido foi de 72 % de remoção de CO<sub>2</sub>, operando o sistema com uma vazão da bomba de 608 L/h e com concentração de solução alcalina igual a 0,20 mol/L. Nessa condição informada, o teor de metano aumentou de 50 para 86 %.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com relação à construção e montagem do sistema de lavagem do biogás, encontrou-se, um funcionamento satisfatório da unidade, com controles flexíveis capaz de permitir um manuseio fácil e versátil, com a obtenção de um biocombustível com uma melhor qualidade após sistema de purificação, atendendo as características preconizadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), com fins de aplicação industrial.

Ao fim do teste experimental, destaca-se que a solução de Ca(OH)<sub>2</sub> apresentou boa eficiência na remoção de CO<sub>2</sub> nas primeiras horas de operação do sistema, sendo necessário um tempo maior de análise para verificar o ponto de saturação do sistema.

#### **5 AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CNPq pelo auxílio financeiro incentivando a pesquisa e o desenvolvimento científico e ao IFTO pelo fornecimento da infraestrutura que possibilitou que esse projeto pudesse ser desenvolvido.

#### **REFERÊNCIAS**

Frare, L. M., et al. “Processo para remoção de ácido sulfídrico de biogás”. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, vol. 14, no 2, junho de 2009, p. 167–72. doi:10.1590/S1413-41522009000200004.

Silva, M. L. B., Mezzari, M. P. “Tratamento e purificação de biogás - Capítulo IV”. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**, 2019, p. 69–93. doi:10.21452/978-85-93823-01-5.2019.01\_4.

Simões, R. C. C. **Aproveitamento energético de gás de aterro para produção de energia utilizando membranas para purificação do biogás**. Trabalho de conclusão de curso Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Química e de Petróleo. Graduação em Engenharia Química. Niterói, RJ, 2015.

WUBS, H.J.; BEENACKERS, A.A.C.M. Kinetics of H<sub>2</sub>S absorption into aqueous ferric solutions of EDTA and HEDTA. **AIChE Journal**, v. 40, n. 3, p. 433-444, 1994.