



ESTIMATIVA E METODOLOGIA PARA SÍNTESE DE AMÔNIA A PARTIR DE BIOGÁS GERADO EM UBERABA-MG

A. P. N. FERNANDES¹, L. T. G. SILVA², J. D. de MELO³

^{1,2,3} Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

RESUMO – *O biogás é um produto gerado a partir da decomposição de matéria orgânica. O presente trabalho realiza um estudo para se chegar a uma vazão de amônia a partir do biogás gerado no aterro e estação de tratamento de esgoto da cidade de Uberaba-MG, dispondo de metodologia para redução de custos na produção. Realizou-se visitas técnicas as empresas Soma Ambiental e Sabesp Franca-SP onde foram cedidos dados de resíduo recebido por biogás gerado. As visitas realizadas na estação de tratamento de esgoto Francisco Velludo CODAU e Aterro sanitário, possibilitaram o conhecimento do método de tratamento de resíduos, assim como sua quantidade. A partir dos cálculos matemáticos foi possível quantificar 337,958 m³/h de biometano purificado, que gerou pela síntese de Haber Bosch uma capacidade de produção de amônia de 497,722 Kg/h. É possível obter amônia de uma forma renovável, utilizando recursos desperdiçados, o que poderá contribuir para uma diminuição na importação de fertilizantes nitrogenados, visto que o Brasil pode obter 314,118 t/h de amônia, através de todo o biogás produzido nos aterros do país e se todo o esgoto fosse tratado. O método proposto para a fabricação de amônia, possui uma capacidade de gasto energético menor que os métodos convencionais, mostrando-se uma planta exotérmica, o que poderia levar a comercialização da energia excedente, comprovando assim a viabilidade de sua utilização.*

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da ONU a população mundial cresce a uma taxa extremamente alta, com uma estimativa de 9 bilhões de pessoas para metade do século, em consequência as necessidades de recursos alimentares e resíduos produzidos serão elevados. Um dos subprodutos gerados nos aterros é o Biogás, sendo seu principal constituinte o gás metano, comumente chamado de biometano. A partir dos finais do século XIX, pesquisadores como Louis Pasteur já enxergaram a possibilidade de reaproveitamento deste composto. (MONTEIRO,2011; PRADO, 2011)

O biogás é produto de reações bioquímicas que ocorrem na decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente na superfície da terra. Na geração do biogás são envolvidas algumas etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Em sua maior parte, o biogás é



composto por metano e dióxido de carbono, contendo traços de vapor de água, hidrogênio, nitrogênio, amônia, oxigênio e gás sulfídrico. Este último é prejudicial aos equipamentos, devido ao seu poder corrosivo, sendo responsável pelo cheiro de ovo podre nos aterros e estações de tratamento de esgoto. (BORGES, 2016; ALMEIDA; NASCIMENTO; LIMA, 2015)

No Brasil, empresas como a Soma Ambiental e Sabesp se beneficiam do aproveitamento do biogás. A Sabesp em Franca-SP possui biodigestores anaeróbios, que promovem a degradação do lodo, gerando biogás. Em seguida o gás é levado a unidade de beneficiamento, sendo purificado com a finalidade de abastecer a frota da empresa. O Aterro sanitário da Soma Ambiental, canaliza o biogás gerado e promove o tratamento do chorume por oxidação, evaporando-o com o combustível produzido pelo lixo recolhido.

O biometano é o produto de maior interesse presente no biogás, podendo variar de 35 a 70% sua concentração, possuindo mesmas propriedades físico-químicas que o metano encontrado em jazidas de petróleo, fazendo deste um excelente recurso ecologicamente correto, podendo ser utilizado como matéria prima para produção de amônia. A utilização do biogás como recurso energético depende da purificação deste, o que eleva a concentração e o poder calorífico do composto. Os métodos de purificação mais conhecidos são listados abaixo: (ALMEIDA; NASCIMENTO; LIMA, 2015; SILVA, 2009)

- Purificação utilizando CO₂ wash
- Criogênica
- Purificação por membranas
- Waters crubbin
- Pressure Swing Adsorption

O gás natural é a principal matéria prima para a síntese da amônia, tendo como constituinte de interesse o metano. O processo é complexo, sendo necessário obter hidrogênio primeiramente. Este, pode ser gerado a partir da reforma a vapor do gás metano, sendo o método mais convencional, porém oneroso, devido ao seu gasto energético. Abaixo temos listados outros processos para obtenção de hidrogênio. (SANTOS, 2004; SUFFREDINI et al., 2014; FRANCO, 2009)

- Oxidação Parcial
- Reforma Seca
- Reforma auto térmica

A combinação dos métodos pode levar a uma redução nos custos, porém a reforma a vapor constitui o principal método utilizado no mundo. O presente trabalho realiza um estudo para se chegar a uma vazão de amônia a partir do biogás gerado no aterro e estação de tratamento de esgoto da cidade de Uberaba-MG, dispondo de metodologia para redução de custos na produção, visando assim a viabilidade da implementação de uma fábrica de amônia no distrito.

2. MATERIAL E MÉTODOS



Visando a realidade do resultado, fez-se necessário a realização de visitas técnicas as empresas Soma Ambiental e Sabesp (Franca-SP) onde foram cedidos dados de resíduo recebido por biogás gerado. As visitas realizadas na estação de tratamento de esgoto Francisco Velludo CODAU (Uberaba- MG) e Aterro sanitário de Uberaba, o qual é administrado pela empresa Limpe Brás, possibilitaram o conhecimento do método de tratamento de resíduos, assim como sua quantidade.

Em seguida pode-se contabilizar a vazão de metano, de acordo com concentração prevista na literatura e dados de purificação cedidos pela Sabesp, possibilitando uma estimativa de biometano produzido no aterro sanitário e estações de tratamento de esgoto (ETE's) de Uberaba-MG.

A primeira fase, reforma a vapor do metano, foi o método utilizado para os cálculos na obtenção de hidrogênio, combinada com a oxidação do monóxido de carbono, visando a autossuficiência energética da produção. A síntese de Haber-Bosch para produção de amônia é o processo escolhido no presente trabalho, devido a sua grande utilização nos dias de hoje e sendo o mais viável.

Objetivou-se um rendimento de 98% na produção, o que possibilitou obter o número de ciclos, sendo este o tempo que uma reação leva para ser finalizada. A fim de detectar o gasto energético da metodologia escolhida, realizou-se um balanço de energia de todo o processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo pode-se verificar os dados cedidos pelas organizações, bem como os resultados obtidos da analogia desenvolvida, entre dados da Soma Ambiental com Aterro sanitário de Uberaba e Sabesp Franca-SP com as ETE's Hugo R. Cunha, Francisco Velludo e Filomena Cartafina, possibilitando assim o conhecimento de biogás gerado.

Tabela 1- Resultado pesquisa de campo

Soma ambiental	
<u>Média de Resíduo recebido</u>	<u>Biogás</u>
7000,00 t /mês	352,16 m ³ /h
Aterro sanitário Uberaba-MG	
9000,00 t /mês	452,777 m ³ /h
Sabesp	
<u>Vazão de esgoto tratado</u>	<u>Biogás</u>
500 L/s	125 m ³ /h
CODAU	



535,82 L/s

133,955 m³/h

Fonte: Autores

O método utilizado para purificação do biogás na Sabesp Franca-SP é o PSA, o qual comprime e remove a umidade do biogás por meio de condensadores. Os gases que compõem a mistura são separados por meio de adsorção, sendo a capacidade de purificação da unidade de tratamento de 120m³/h, chegando a concentração de biometano entre 95 a 97%. de biogás. A Tabela 2 demonstra a quantidade de biometano encontrada, mediante consideração de 60% de metano presente no biogás.

Tabela 2- Resultado biogás/biometano aterro sanitário e ETE Uberaba-MG

Vazão Biogás	Vazão Total Biometano	Vazão Biometano Purificado
586,732 m ³ /h	352,039 m ³ /h	337,958 m ³ /h

Fonte: Autores

Para o desenvolvimento dos cálculos fez-se necessário o conhecimento da vazão mássica, assim a vazão volumétrica de biometano purificado encontrada, foi multiplicada pela densidade do metano (0,717 Kg/m³), obtendo 242,316 Kg/h.

Utilizando base de cálculo e dados de conversão, bem como o próprio rendimento estabelecido pode-se chegar ao número de ciclos, o qual pode ser analisado na Tabela 3, juntamente com a ordem das reações no processo.

Tabela 3- Número de ciclos

$\text{CH}_{4(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)} \leftrightarrow \text{CO}_{(g)} + 3 \text{H}_{2(g)}$	3 ciclos
$\text{CO}_{(g)} + 0,5\text{O}_{2(g)} \leftrightarrow \text{CO}_{2(g)}$	2 ciclos
$\text{N}_{2(g)} + 3 \text{H}_{2(g)} \leftrightarrow 2 \text{NH}_{3(g)}$	26 ciclos

Fonte: Autores

Encontrou-se 89,613 Kg/h de hidrogênio e 652,951 Kg/h de monóxido de carbono na reforma a vapor do metano produzido pelas ETE's e aterro sanitário de Uberaba-MG, levando em consideração valores de conversões reais, bem como a purificação do biogás utilizada pela Sabesp. A capacidade de produção de amônia através da metodologia dispostas foi de 497,722 Kg/h.

Visto o custo oneroso da reforma a vapor convencional, o presente trabalho apresenta a proposta de combustão do monóxido de carbono, o que leva a um processo exotérmico, resultando assim em custos operacionais reduzidos. A Tabela 4 apresenta o balanço energético.

Tabela 4- Valor energético total



Reações do processo	N. de mols convertido x ΔH
$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{v}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$	14,935 mol de CH_4 x (+206,16 KJ/mol CH_4)
$\text{CO}(\text{g}) + 0,5\text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$	14,840 mol de CO_2 x (-284 kJ/mol CO_2)
$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$	14,639 mol de NH_3 x (-92,22 KJ/mol NH_3)
total	-2.485,57 KJ/mol

Fonte: Autores

Segundo relatório da INTL FCStone Inc. o valor da tonelada de amônia em junho de 2018 foi de U\$ 270, o que mostra um preço total de R\$ 4.379.229,198 da vazão obtida por ano pelos autores.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstra que é possível obter amônia de uma forma renovável, utilizando recursos desperdiçados, o que poderá contribuir para uma diminuição na importação de fertilizantes nitrogenados, visto que o Brasil possui uma ampla extensão territorial e uma crescente população, podendo obter 314,118 t/h de amônia, através de todo o biogás produzido nos aterros do país e se todo o esgoto fosse tratado.

O método proposto para a fabricação de amônia, possui uma capacidade de gasto energético menor que os métodos convencionais, mostrando-se uma planta exotérmica, o que poderia levar a comercialização da energia excedente, comprovando assim a viabilidade de sua utilização.

Em comparação com fabricas em atividades no Brasil, a capacidade de produção se demonstra baixa, entretanto uma menor vazão de vapor e metano implica em uma redução nos equipamentos e custos operacionais, o que pode levar a um projeto viável. Todavia, uma purificação do biogás e a adição de seu produto nas redes de gasoduto aumentam a concentração de metano no gás natural, levando a um crescimento na produção.

O CO_2 liberado durante o processo é uma grande preocupação, entretanto este pode ser todo consumido para a produção de ureia, tendo esta como matéria prima principal a amônia, podendo chegar a uma vazão de 7.556,306 t/ano de ureia industrial, mediante o biogás gerado na cidade de Uberaba-MG.

O biogás é uma excelente forma para obtenção de metano e conseqüentemente H_2 , ele já vem sendo reaproveitado de diversas maneiras, principalmente energeticamente. Assim, o desenvolvimento deste estudo, demonstra que é possível obter energia através da redução de emissão de poluentes, bem como gerar amônia “limpa”, ambos em um projeto autossuficiente energeticamente falando.

6. REFERÊNCIAS



ALMEIDA, T.G. S; NASCIMENTO, J.C. R; LIMA, S.F. Educação Ambiental no Aterro Sanitário: Monitoramento da Emissão de Gás Metano Como Estratégia Para Interpretação Para Interpretação Ambiental. Engenharia Ambiental. **Ciências exatas e Tecnológica**, Maceió, v.2, n.3, p. 77-86, maio-2015.

BORGES, H.B. Avaliação da produção de biogás gerado no reator UASB da estação de tratamento de esgotos sanitários Paranoá. Universidade de Brasília. 2016. Disponível em <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16960/1/2016_HenriqueDantasBorges_tcc.pdf> Acesso em 24 mai 2018.

FRANCO, T., V. **Análise termodinâmica das reações de reforma do metano e do GLP para a produção de hidrogênio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Pós-graduação em Engenharia química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

INTL FCStone Inc. Matéria Especial Fertilizantes: Alto custo de produção de amônia é altista ao insumo e aos nitrogenados. Disponível em: <https://www.mercadosagricolas.com.br/relatorio/FERTILIZANTES_TENDENCIAS_UPDATE.pdf>. Acesso em: 09/11/2018

MONTEIRO, S.D.S.C. **Produção de Biometano: Análise de Mercado e Estudo da Separação por PSA**. 2011. Monografia (Mestrado Integrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

PRADO, J.R.M. **Compreender para Transformar**. 2011. Disponível em: <<http://www.teleios.com.br/populacao-mundial-atingira-7-bilhoes-no-dia-31-de-outubro-diz-onu/>>. Acesso em 2 mai. 2018.

SANTOS, J., A., P. *Cinética do processo de reforma catalítica do metano com dióxido de carbono. Aplicação á modelagem e simulação da operação em reator de leito fluidizado*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) – Departamento de Engenharia química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVA, C., A., L., V. **Limpeza e purificação do biogás**. 2009. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila real.

SUFFREDINI, D., F., P. et al. Oxidação Parcial do metano em catalisadores de NiAl₂O₄ e NiAl₂O₄/Al₂O₃. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis/SC. Anais eletrônicos... Disponível em <<https://proceedings.science/cobeq-2014/papers#q=OXIDA%C3%87%C3%83O%20PARCIAL%20DO%20METANO%20EM%20CATALISADORES%20DE%20NiAl2O4%20e%20NiAl2O4%2FAI2O3.&p=0>> Acessado em 24/10/2018