

[Aumento da eficiência Energética com a incorporação de Glicerina aos processos Anaeróbicos de biodigestão]

[Paulo R. N. da Silva e Kariza M. S. Minini]

Resumo – Este trabalho tem por objetivo analisar aspectos técnicos relacionados com a geração de energia elétrica utilizando o biogás gerado por diferentes tipos de resíduos. No aspecto técnico, o trabalho aponta a possibilidade de aumentar a produção de biogás e consequentemente a eficiência energética, com a incorporação de glicerina, resíduo da produção de biodiesel, aos processos anaeróbicos de biodigestão. Neste caso ficou comprovado que a adição de 2% em peso glicerina a uma determinada massa do sistema dejetos suínos-água, aumenta a produção de biogás e diminui o tempo de sua obtenção em cerca de três vezes.

Em relação ao aspecto econômico, estudou-se a viabilidade do projeto de geração de energia de forma a conciliar a geração própria e a fornecida pela concessionária, além da possibilidade de comercialização do biofertilizante e dos créditos de carbonos. Do ponto de vista ambiental, destaca-se o tratamento de resíduos poluentes, contribuindo para a não emissão de carbono na atmosfera.

Palavras-chave – biodigestão, biogás, glicerina, energia elétrica.

I. INTRODUÇÃO

Desde os anos 70, a crise no setor elétrico brasileiro vem se agravando, visto que as tarifas da eletricidade se mantiveram mais baixas tornando inviáveis investimentos necessários para que a oferta de energia fosse garantida. Entre 1992 e 1997 o crescimento no consumo de eletricidade foi de mais de 16%, surgindo, dessa forma, grande preocupação com o *déficit* de energia e riscos de interrupção no fornecimento [1]

Diminuir a dependência de combustíveis fósseis e não renováveis e buscar soluções ambientalmente corretas, como a utilização da biomassa como fonte de energia, não apenas reduzirá os impactos globais pela queima de combustíveis fósseis como também contribuirá com a matriz energética dos países. É neste contexto que, nos últimos anos vem crescendo o desenvolvimento do Biodiesel como fonte de energia renovável.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL, e consta dos Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL) realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de Agosto de 2011.

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela UTE Norte Fluminense e executado integralmente na UENF.

Paulo R. N. Silva trabalha como professor na UENF e Kariza Minini é mestrandia da UENF (e-mail : nagipe@uenf.br)

Cerca de 10% da energia produzida hoje no Brasil é proveniente da biomassa, gerada pela queima de produtos orgânicos. Ela já é a terceira principal fonte de energia no país, ficando atrás apenas do petróleo e da energia hidrelétrica.

O tratamento de resíduos orgânicos através da biodigestão anaeróbica e da produção de biogás ganhou importância na última década, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. A biodigestão gera o biogás que contribui para a mitigação do efeito estufa. Isso se dá pela substituição de combustíveis fósseis usados na geração de calor e energia elétrica e pela geração de um resíduo sólido que pode ser usado como fertilizante.

Como consequência da produção de biodiesel promovida pelo governo brasileiro no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, espera-se uma oferta elevada da glicerina residual, coproduto da reação de transesterificação, com alta DQO. Uma das alternativas para o uso deste resíduo é a produção de biogás pelo processo anaeróbico, com vistas à produção de energia.

O biogás, por fermentação anaeróbica, em processo contínuo, é uma opção sustentável e economicamente viável para a geração de energia em processo de co-geração, para queima direta na caldeira e consequente substituição de percentual de bagaço a ser queimado. Destaca-se ainda a utilização do biogás em sistema gerador de energia elétrica, como é o caso das microturbinas.

Os objetivos deste trabalho foram o desenvolvimento e a implementação de um processo de biodigestão laboratorial usando glicerina residual proveniente da produção do biodiesel e o monitoramento do processo de geração de biogás.

Foi com este interesse que a Usina Termelétrica do Norte Fluminense resolveu aprovar e financiar este projeto de P&D que tem como título; “**Aproveitamento do biogás gerado da biodigestão da glicerina para produção de energia elétrica**” – Projeto P&D-N (PD-0678 0001/2009).

II. GENERALIDADES

Com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel pelo Governo Federal, espera-se um aumento da oferta da glicerina, que é um coproduto originado do processo de transesterificação dos óleos vegetais e animais na produção de biodiesel. Nesse sentido, a determinação da viabilidade econômica de instalação de uma fábrica de biodiesel deve levar em consideração a receita obtida com a venda da glicerina residual. Atualmente, porém, os preços dessa glicerina originada da produção de biodiesel

vêm sofrendo forte pressão de queda em função da elevação da oferta, especialmente nos mercados europeu e americano, o que, muitas vezes, torna o seu processo de refino economicamente inviável, particularmente quando essas unidades são de pequena escala e estão localizadas distantes dos centros de refino e do mercado consumidor dessa matéria-prima [2].

Assim, uma das alternativas para o aproveitamento desse resíduo é a produção de biogás, com vistas à geração de energia. Graças ao seu alto teor de carbono facilmente degradável, a glicerina possui propriedades favoráveis à digestão anaeróbica em biodigestores, quando associada a resíduos orgânicos com alto teor de nitrogênio [3]. Partindo-se desse contexto, este trabalho procura avaliar qualitativa e quantitativamente a introdução da glicerina residual como co-substrato no processo da biodigestão, junto com dejetos de porco, e seu potencial para produção de biogás em escala de laboratório.

Para o desenvolvimento sustentável é necessário à busca, desenvolvimento e incentivo em tecnologias que utilize fontes renováveis de geração de energia elétrica, possibilita tanto a criação de fontes de suprimentos descentralizadas e em pequena escala [4].

A produção de energia elétrica através da queima de combustíveis fósseis, considerada a mais poluente, gera resíduos como óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono, dentre outros. Já, usinas hidroelétricas necessitam da formação de grandes lagos que interferem no fluxo dos rios, realocação da população, configurando muitas vezes em problemas sociais e entraves judiciais [5].

Diante do aumento da demanda energética e da dificuldade para esse atendimento, é necessário o investimento em novas fontes energéticas alternativas para auxiliar no desenvolvimento sustentável.

As tecnologias a base de fontes renováveis são atrativas não só devido às vantagens ambientais, mas também sociais e econômicas. A possibilidade de criação de fontes de suprimento descentralizadas e em pequena escala é fundamental para o desenvolvimento sustentável, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. No interesse desses últimos, sobressaem as centrais que utilizam fontes renováveis e não requerem alta tecnologia para instalação ou técnicos especializados para sua operação.

No Brasil pode-se citar o exemplo do aproveitamento de resíduos da cana de açúcar e de resíduos rurais, em que temos a possibilidade de geração de energia para o sistema elétrico e principalmente para o consumo local. Os resíduos rurais incluem todos os tipos gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, qual seja: os resíduos agrícolas, florestais e pecuários. Os resíduos da pecuária são constituídos por dejetos e outros produtos resultantes da atividade biológica dos gados bovinos, suínos, caprinos e outros, cuja relevância local justifica seu aproveitamento energético. Esse tipo de resíduo é importante matéria-prima para a produção de biogás.

O biogás é composto por uma mistura de gases, cujo tipo e percentagem variam de acordo com as características dos resíduos e as condições de funcionamento do processo de digestão. Os principais constituintes do biogás são o metano

e o dióxido de carbono, no qual biogás é composto em média de 65% de metano, sendo o restante basicamente de dióxido de carbono. Outros gases, como sulfeto de hidrogênio, o nitrogênio, hidrogênio e monóxido de carbono também compõem o biogás em menores concentrações.

A utilização do biogás como combustível contempla várias formas de uso, desde motores a combustão interna, passando por aquecimento de caldeiras e fornos e ainda podendo ser utilizado em turbinas a gás ou em microturbinas. Mas para que esses usos possam ocorrer é necessário identificar a vazão, composição e poder calorífico do biogás utilizado. Sendo esses os parâmetros que determinam o potencial de geração de energia, tanto na forma de energia elétrica, calor ou trabalho. Esses parâmetros também são fundamentais para o dimensionamento do processo de tratamento do biogás, como a remoção do dióxido de carbono, umidade e do ácido sulfídrico.

O biogás é uma mistura gasosa combustível, produzida através da digestão anaeróbica, processo fermentativo que tem como finalidade a remoção de matéria orgânica, a formação de biogás e a produção de biofertilizantes ricos em nutrientes [6].

Quando a digestão anaeróbica é realizada em biodigestores especialmente planejados, a mistura gasosa produzida pode ser usada como combustível, o qual, além de seu alto poder calorífico, de não produzir gases tóxicos durante a queima e de ser uma ótima alternativa para o aproveitamento do lixo orgânico, ainda deixa como resíduo um lodo que é um excelente biofertilizante [6].

A tabela 1 apresenta algumas matérias primas com potencial de produção de biogás quando submetidas ao processo de biodigestão natural ou artificial.

Tabela 1 – Fontes de resíduos
Matérias primas capazes de produzir biogás
Fezes de suínos
Fezes de bovinos
Fezes de aves
Resíduos orgânicos
Resíduos de abatedouros
Esgoto
Resíduos de cervejarias e vinícolas
Soro do queijo

O material ou resíduo do qual o biogás é retirado, é um substrato devidamente equilibrado com diluição em água, o qual é um meio para instalação e desenvolvimento de várias espécies de microorganismos (bactérias) envolvidos no processo de fermentação [7].

Cada matéria prima ou fonte de resíduo possui um potencial de geração de biogás. Resíduos altamente fibrosos, como bagaço de cana e casca de arroz, considerados de baixa digestibilidade apresentam um menor potencial para a produção do biogás. Já matérias ricas em amidos, proteínas, celulose e carboidratos, como grãos, gramíneas, restos de abatedouros e fezes, apresentam alto potencial de produção de biogás [7].

A composição típica do biogás é cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio [8].

O biogás tem seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura. O biogás, por possuir o gás metano como principal componente, é incolor e inodoro [9]. Apesar de ser essencialmente formado por metano e dióxido de carbono, outros gases também são encontrados em proporções menores, como mostra a tabela 2:

Tabela 2 – Percentagem de gases no biogás	
Gases	Percentagem
Metano	55 – 65
Gás Carbônico	35 – 45
Nitrogênio	0 – 3
Hidrogênio	0 – 1
Oxigênio	0 – 1
Gás Sulfídrico	0 – 1

A utilização do biogás como combustível contempla várias formas de uso, desde motores a combustão interna, passando por aquecimento de caldeiras e fornos e ainda podendo ser utilizado em turbinas a gás ou em microturbinas. Mas para que esses usos possam ocorrer é necessário identificar a vazão, composição e poder calorífico do biogás utilizado. Sendo esses os parâmetros que determinam o potencial de geração de energia, tanto na forma de energia elétrica, calor ou trabalho. Esses parâmetros também são fundamentais para o dimensionamento do processo de tratamento do biogás, como a remoção do dióxido de carbono, umidade e do ácido sulfídrico.

III. METODOLOGIA

O presente trabalho trata da influência da concentração da biomassa no processo de biodigestão anaeróbia de uma mistura de glicerina e esterco suíno a temperatura de 35°C para a produção do biogás composto essencialmente por metano e CO₂ e pequeno percentual de outros gases menos importantes, utilizando um biodigestor de bancada. Este processo resulta numa alternativa para a utilização da glicerina produzindo energia renovável e diminuindo os impactos ambientais com a sua disposição inadequada

O experimento foi conduzido no Laboratório de Catalise e Energia da UENF. Inicialmente estudamos o processo de transesterificação do óleo de soja com metanol em presença de catalisadores heterogêneos, tipo CaO e catalisadores homogêneos, tipo KOH. Nesses processos utilizou-se uma relação molar metanol – óleo de soja de 6:1. A figura 1 apresenta a foto do reator piloto utilizado na síntese do óleo e da glicerina. Esta última mais densa encontra-se no fundo do reator, podendo ser separada por decantação. Além da glicerina sintetizada em laboratório, testamos ainda a glicerina comercial.



Figura 1: Reator piloto de produção de biodiesel

A. Biodigestão do esterco de porco para preparação do inoculo e produção de biogás

Para dar prosseguimento ao trabalho, resolvemos estudar primeiramente o processo de biodigestão do esterco de porco isoladamente, para ao fim se obter as devidas informações a respeito do processo de biodigestão, tais como: tipo de reator, pH do meio reacional, agitação, temperatura do processo, entre outras. Logo após o processo, além do biogás estaríamos produzindo o inoculo que serviria para acelerar os processos futuros de biodigestão. Empregou-se no processo dejetos de porco oriundos da Fazenda São Tomé no município de Campos dos Goytacazes – RJ.

O processo foi realizado em tonel de 230 litros, (figura 2), hermeticamente fechado, através da biodigestão de esterco de porco, em batelada, na proporção de 45 de esterco em 90 litros de água, totalizando um sistema com 135 kg de matéria prima a ser biodigerida durante cerca de dois meses. Durante este tempo procedeu-se análises do biogás produzido e cujos resultados encontram-se na tabela 3. O equipamento para análise dos gases é mostrado na figura 3, onde o mesmo é constituído de detectores de infravermelho.



Figura 2 Reatores tipo tonel atuando em batelada



Figura 3 Equipamento para análise dos gases (CO₂, CH₄, CO)

Tabela 3 – Conversão em Biogás (metano e CO₂) a partir da biodigestão de esterco suíno.

Nº de Dias	% de CO ₂	% de CH ₄
7	17,6	10,2
16	31,2	14,8
21	39	17,8
34	40	32,2
41	31,4	56,6
55	24,4	62,2

Pode-se observar que um biogás com alto teor de metano foi obtido após 55 dias de reação. Os teores especificados chegam ser superiores ao da tabela 2, indicando um biogás de bom desempenho calorífico.

B. Co-digestão da glicerina com dejetos de porco (fase 1)

Para a realização do experimento foi montado um sistema (biodigestor) composto por dois balões de vidro um de 500 ml e outro de 1000 ml uma proveta de 500 ml, conexões de vidro entre os balões com um reservatório para soda caustica e uma conexão de tubo de silicone entre a proveta e o balão de 1000ml e um banho-maria como mostra a Figura 3.

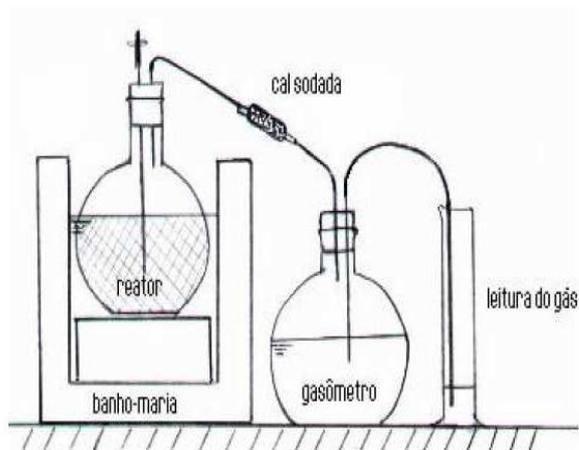


Figura 4: Esquema Laboratorial para a realização dos primeiros testes dos processos de biodigestão.

Depois de calculadas as quantidades de água, glicerina e dejetos necessário para abastecimento do biodigestor, a mistura foi homogeneizada em um becker e colocado no balão de vidro de 500ml e colocado no banho-maria aquecido através de uma resistência térmica que mantém a temperatura no interior do reator em torno de 35°C, que foi monitorado por um termômetro de 10 em 10 minutos para verificar a estabilidade da temperatura. Em seguida montaram-se as conexões para outro balão de 1000ml que serviu de reservatório para o biogás. Pode-se constatar que esta aparelhagem não era a mais adequada para o desenvolvimento experimental, Tendo-se a necessidade de desenvolver outro tipo de reator.

C. co-digestão da glicerina com dejetos de porco (fase 2)

Nesta fase da experiência, empregou-se além dos reatores tipo tonel apresentados anteriormente, um outro tipo de reator bem mais sofisticado, construído em aço, especialmente para este tipo de experimento. Este reator é mostrado na figura 4 Foram utilizados teores de glicerina em peso de 1, 2 e 4%. Após os resultados obtidos com os reatores tipo toneis, passávamos a etapa de consolidação dos resultados encontrados, repetindo todas as experiências em um reator de aço construído especificamente para biodigestão anaeróbica. Nesse reator, a temperatura, a agitação e o p H eram acompanhados durante a biodigestão. No caso do reator de aço, a pressão também era acompanhada.



Figura 5: Reator anaeróbico em aço para os processos de biodigestão.

Os resultados dos processo de biodigestão são mais eficientes com a mistura contendo 2% de glicerina. Com este teor , a reação de biodigestão torna-se muito rápida e eficiente, produzindo um biogás com as mesmas características anterior em apenas vinte dias de reação. A figura6, a seguir ilustra este efeito positivo da glicerina, ao comparar os resultados de conversão do metano em função do tempo de residencia, para os processo de biodigestão sem glicerina e na presença de 2% de glicerina associada aos dejetos suinos. Cumpre ainda ressaltar que os efeitos são indiferentes em presença de glicerina brute e comercial.

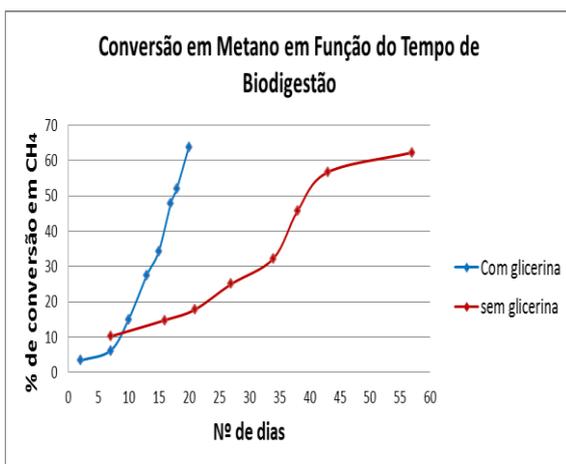


Figura 6 Grafico de conversão de metano para a biodigestão sem glicerina e com2% de glicerina

Os resultados obtidos a partir da co digestão do esterco de porco com a glicerina são extremamente promissores, pois consegue-se em tempo muito curto de biodigestão , como é o caso da co digestão do esterco de porco 2% de glicerina

alcançar um teor de metano de 65% em 20 dias de reação. Este mesmo teor só alcançado pela biodigestão do esterco de porco puro em 60 dias. A produção de CO₂ ficando em torno de 30%, o que garante um BIOGÁS de boa qualidade. De outro lado, deve se fazer muita atenção para os teores de glicerina, pois teor de glicerina de 1% em co digestão com esterco de porco, no início tem-se um aumento da produção de metano, atingindo 30% em um mês de reação, mas com o tempo este teor tende a cair ficando com teor final de metano em 22%. Para a co digestão do esterco de porco com 4% de glicerina, este é ainda mais afetado, pois consegue-se apenas um teor final de metano de cerca de 10% ao fim de dois meses de reação.

Este trabalho de P&D foi plenamente atendido, pois com a co digestão dejetos de porco com 2% de glicerina, reduz drasticamente o tempo normal de biodigestão, além da produção de um BIOGÁS de boa qualidade.

Além disso, este resultado da margem a trabalhos futuros, como é o caso:

- 1- Teste em grande escala para a co digestão esterco de porco com 2% de glicerina;
- 2- Testes laboratoriais com outros tipos de matérias primas, como: vinhoto e esterco de bovino.

IV. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar a glicerina bruta como suplemento na biodigestão de dejetos de porco para a geração de biogás.

Os resultados indicaram que a glicerina bruta e acomercial podem ser usadas como suplemento na biodigestão anaeróbica, proporcionando um aumento na produção de biogás e no seu teor em metano quando adicionada em proporções de 2% m/m. Isto provavelmente foi resultado dos efeitos sinérgicos da combinação favorável de nutrientes provocada pela adição da glicerina bruta ao substrato original, estimulando a ação dos microorganismos que atuam no processo de biodigestão.

A adição de 4% m/m de glicerina bruta ao esterco suino levou a problemas no processo, culminando com o colapso da biocenose do biodigestor.

No caso da codigestão com 1% de glicerina , praticamente não ocorre diminuição considerável em relação a biodigestão sem glicerina.

Conclui-se que na adição de glicerina bruta deve-se considerar o limite máximo para sua adição, para um efeito positivo na biodigestão. A geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores é viável tecnicamente e economicamente principalmente para o consumo próprio, desde que sejam aplicadas técnicas para correção dos resíduos e do biogás. Podendo assim acrescentar um aumento significativo na produção de energia elétrica, melhorando a forma de distribuição de energia e também acrescentando receita aos produtores. Esta aplicação pode ser ampliada com a introdução de uma quantidade de glicerina apropriada,

com ficou cocntatado no processo de codigestão da glicerina com dejetos de porco.

Já para o fornecimento ao sistema integrado de energia deve ser feito um estudo mais aprofundado de viabilidade, visto que, as despesas com proteção e sincronismo podem inviabilizar o projeto.

Focando na produção de suínos, a utilização desta tecnologia pode gerar uma renda extra e continua mesmo antes da comercialização do produto principal, além de promover um ciclo de produção dentro da propriedade com a utilização do biofertilizante, aumentando assim o potencial produtivo como um todo. Este ganho é ampliado pelo aproveitamento da glicerina, resíduo da produção de biodiesel.

Levando em conta os ganhos ambientais, a biodigestão é um excelente método de tratamento de resíduos, propiciando um desenvolvimento sustentável e contínuo, desde que o mesmo seja dimensionado de forma correta e eficiente, além de também apresentar um potencial de receita com créditos de carbono após a sua validação perante aos órgãos competentes.

Como sugestão para trabalhos futuros deve-se englobar as questões de requisitos elétricos para sincronismo e proteção com o sistema integrado, nível de tensão de geração e demais instalações elétricas.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. G. Velazquez, “A cogeração de energia no segmento de papel e celulose: contribuição à matriz energética no Brasil” Tese de Mestrado, Programa de Interunidades de Pós Graduação e Engenharia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica (IEE) da Universidade São Paulo, 2000.
- [2] B. Amon, V., Kryvoruchko, T., Amon, S. Zechmeister-Boltenstern, “Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment” Agriculture, Ecosystems and Environment v. 112 p. 153–162, 2006.
- [3] A. Coldebella, S. N. M Souza, Souza, J., A. C. Koheler, Viabilidade da Cogeração de Energia Elétrica com Biogás da Bovinocultura de Leite, 2006
- [4] P. R. N. da SILVA, Energias Renováveis, Novos materiais e Sustentabilidade, Campos dos Goytacazes, 1ª edição, 2009
- [5] P.A.M, Classen, J.B Lier., A.J.M., Stamrs, “Utilization of biomass for supply of energy”, 1999.
- [6] V., Pecora, “Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de caso”, 2006.
- [7] J.M., Gryscek, F. R. Belo, “Produção e uso do gás metano na agricultura e agroindústria”, 1983.
- [8] C. Y., Wereco-Brobby, E.B. Hagen, “Biomass conversion and technology” 2000.
- [9] C. A. P. Parchen, “Algumas informações sobre manejo de esterco de bovinos e suínos”, 1981.