



Comparativo do potencial de produção de metano utilizando glicerol e sacarose como substrato orgânico, em reatores operados de forma descontínua alimentada

Indianara Cataneo ¹, Maria Cristina de Almeida Silva ², Rafael Gustavo Schneider ³

¹ Univates (indi.c@hotmail.com)

² Univates (maria.silva9@univates.br)

³ Univates (rafaelgschneider@yahoo.com.br)

Resumo

A crise energética que vem preocupando, não só o Brasil, mas todo o mundo, traz a necessidade da busca por fontes energéticas alternativas, ou seja, energias que causem menos impacto ao meio ambiente. Outro problema enfrentado atualmente é a geração de resíduos e efluentes, que demandam tratamentos e controles adequados. A utilização de biogás como fonte renovável de energia vem se mostrando atrativa, considerando a utilização de resíduos e efluentes como substrato orgânico, com produção energética através de processos de digestão anaeróbia. O objetivo deste trabalho foi comparar o potencial de geração de biogás e metano gerado pelo glicerol, subproduto oriundo de indústrias de fabricação de biodiesel, e sacarose, caracterizada por possuir fácil degradabilidade. Foram testados sistemas de digestão anaeróbia de operação descontínua alimentada em reatores de bancada (19,2L volume útil). Três situações foram avaliadas, 3, 6 e 9% de matéria orgânica em relação ao volume útil dos reatores. O tempo de detenção hidráulica foi de 15 dias para cada condição proposta. Finalizado os experimentos, verificou-se que o glicerol possui maior potencial para a geração de biogás e metano em relação à sacarose, nas concentrações de alimentação utilizadas.

Palavras-chave: Biogás. Glicerol. Sacarose. Metano. Digestão Anaeróbia.

Área temática: Energia e energias renováveis.

Comparative of the potencial of Methane's production using glycerol and sucrose as organic substrate in reactors operated discontinuously

Abstract

The energy crisis that is worrying, not only Brazil but the whole world, brings the need to search for alternative energy sources which causes less impact on the environment. Another problem currently faced is the generation of waste and wastewater that require proper treatments and controls. The use of biogas as a renewable energy source has been showing attractive considering the potential use of waste and effluents as organic substrate, which can produce energy through anaerobic digestion processes. The objective of this study was to compare the potential of biogas generation with energy potential generated by glycerol, a byproduct derived biodiesel-manufacturing industries and sucrose characterized by having readily degradable. They were tested anaerobic digestion systems of discontinuous operation powered bench top reactors (19,2L useful volume). Three cases were evaluated, 3, 6 and 9%



of organic matter in relation to the useful volume of the reactor. The hydraulic retention time was 15 days for each proposed condition. Finished experiments it was noted that glycerol possess greater potential for the generation of biogas with energy potential, while sucrose, which has easy degradation ends up acidifying the reactors, inhibiting the methanogen process.

Key words: Biogas. Glycerol. Sucrose. Methane. Anaerobic Digestion.

Theme Area: Energy and renewable energy.

1 Introdução

A energia, gerada através de fontes renováveis, possui participação cada vez mais relevante na matriz energética mundial (KONRAD *et al.*, 2013). A utilização de fontes renováveis viabiliza o acesso a novas tecnologias, e também contribui com a redução dos impactos causados ao meio ambiente (LINDEMEYER, 2008).

O biogás é uma das fontes renováveis de energia que vem ganhando destaque, pois pode ser gerado a partir de uma grande variedade de substratos orgânicos. A matéria orgânica, quando degradada em ambiente anaeróbico, libera biogás (metano, carbônico, entre outros), e devido ao seu alto teor de metano (CH_4), pode ser convertido em energia (KONRAD *et al.*, 2013).

O CH_4 é o principal constituinte do biogás, sendo responsável por determinar seu poder calorífico, ou seja, seu potencial energético (KONRAD *et al.*, 2010). Sendo este produzido a partir de fontes de matéria orgânica, salienta-se a importância em identificar estas fontes, para que possam ser convertidas em energia. Neste contexto, é considerável a participação de alguns rejeitos industriais (SILVA, 2013).

O processo de degradação da matéria orgânica, para produção de biogás, é conhecido como digestão anaeróbia, e é dividido em quatro complexas etapas, que são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Para o sucesso do tratamento, é necessário que durante o processo os microrganismos fermentativos e metanogênicos estejam coordenados e interagidos entre si (KISPERGHER, 2013).

O glicerol é um dos exemplos de rejeito industrial, oriundo de indústrias que produzem biocombustíveis, se apresenta como um resíduo capaz de gerar biogás devido a sua alta carga de carbono de fácil degradação, tornando-se uma fonte propícia em processos que utilizam microbiologia anaeróbia (KONRAD *et al.*, 2010).

Com a produção de biocombustíveis em constante aumento, grandes quantidades de glicerol são geradas. Estima-se que, do total de biodiesel e bioetanol produzidos, 10% são rejeitos (glicerol) (YAZDANI & GONZALEZ, 2007), que exigem tratamentos adequados para posterior disposição no meio ambiente devido à sua elevada carga orgânica. Já a sacarose, foi utilizada para comparativo, por ser facilmente degradada.

Buscando o reaproveitamento do resíduo citado, juntamente com a necessidade de novas fontes de geração de energia, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial do glicerol para geração de energia, utilizando glicerol e sacarose como substrato orgânico.

2 Materiais e métodos

Os experimentos foram realizados no Parque Científico e Tecnológico do Vale do Taquari – TECNOVATES e no Laboratório de Biorreatores do Centro Universitário UNIVATES (Lajeado/RS).



O inóculo utilizado no experimento foi cedido por uma Empresa de produção de alimentos, e que possui um reator de digestão anaeróbia de resíduos agroindustriais. O glicerol foi proveniente de uma Empresa que produz biodiesel. A sacarose utilizada foi o açúcar comercial.

Foram utilizados dois reatores de bancada de mistura completa, um alimentado com glicerol e outro com sacarose. Ambos possuem volume total de 28,3 litros e volume útil de 19,2 litros. A agitação se manteve constante em 100 rpm e a temperatura de 37°C. A entrada e saída do material ocorreu através de registros e septos existentes no reator, conforme Figura 1.

Figura 1 – Reator de bancada de mistura completa



- 1) Saída do efluente; 2) Camisa aquecedora; 3) Septo para coleta e medição de gás; 4) Septo utilizado nas alimentações.

No início do experimento, os reatores foram preenchidos com 19 L do inóculo. O glicerol foi adicionado aos reatores em concentrações de 3, 6 e 9% do seu volume útil, e a sacarose foi utilizada nas mesmas concentrações de DQO do glicerol. O tempo de detenção hidráulico foi de 15 dias.

A demanda química de oxigênio (DQO) do glicerol apresentou valor de 4.135.384,62 mg/L. Já a DQO da sacarose foi calculada a partir de estequiometria da reação, com 1,12 mg de DQO/mg de sacarose.

A partir do volume útil dos reatores, foi calculado a quantidade de substrato (glicerol) necessário para atender o percentual sugerido para os experimentos (3, 6 e 9%). As mesmas concentrações de DQO, resultantes das porcentagens de glicerol adicionadas nos reatores, foram colocadas sob a forma de sacarose, a fim de comparação da produção de biogás e metano. Para tanto, foi estabelecida a quantidade em massa necessária a ser inserida em cada condição proposta (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantidade de substrato para cada condição proposta

Condições	Reatores de bancada			
	Glicerol		Sacarose	
	Volume	DQO correspondente	Quantidade	DQO correspondente
3%	576 mL	2.381.981,541 mg/L	2126,76 g	2.381.981,541 mg/L
6%	1152 mL	4.763.963,082 mg/L	4253,53 g	4.763.963,082 mg/L
9%	1728 mL	7.145.944,623 mg/L	6380,28 g	7.145.944,623 mg/L

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores correspondentes aos percentuais sugeridos foram inseridos nos reatores de bancada em 3 aplicações durante os 15 dias testados, sendo 3 aplicações de 192mL para a condição de 3%, 384mL por aplicação na condição 6% e 576mL nas aplicações referente aos



9% no reator de bancada alimentado com glicerol. As alimentações com sacarose foram de 708,92g para a condição 3%, 1417,84g nas aplicações referente aos 6% e 2126,76 para os 9%.

A quantificação do volume de biogás gerado foi realizada utilizando-se um sistema automatizado composto por um tubo de vidro em formato “U”, sensor óptico, esfera de isopor e circuito eletrônico, que registra e armazena a quantidade de biogás que passa pelo sistema. O dispositivo funciona com base no deslocamento de fluídos, tendo a quantificação de biogás obtida quando o fluído, conforme enche o tubo em “U”, tem seu deslocamento para o lado oposto, aumentando o nível deste, fazendo com que a esfera de isopor passe pelo sensor óptico, que detectando o movimento envia a informação para um circuito eletrônico. O volume gerado de biogás é definido pela equação combinada dos gases ideais. Esta equação descreve a relação entre temperatura, pressão e volume de um gás como constante (MINHO *et al.* 2012).

O biogás foi analisado diariamente para verificação da porcentagem de CH₄ produzido, utilizando-se um sensor denominado *Advanced Gasmitter*, fabricado pela empresa PRONOVA® *Analysentechnik GmbH & Co.*

As análises iniciais de DQO, e pH e alcalinidade, após cada experimento, foram realizadas conforme metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Wastewater* (APHA, 2005).

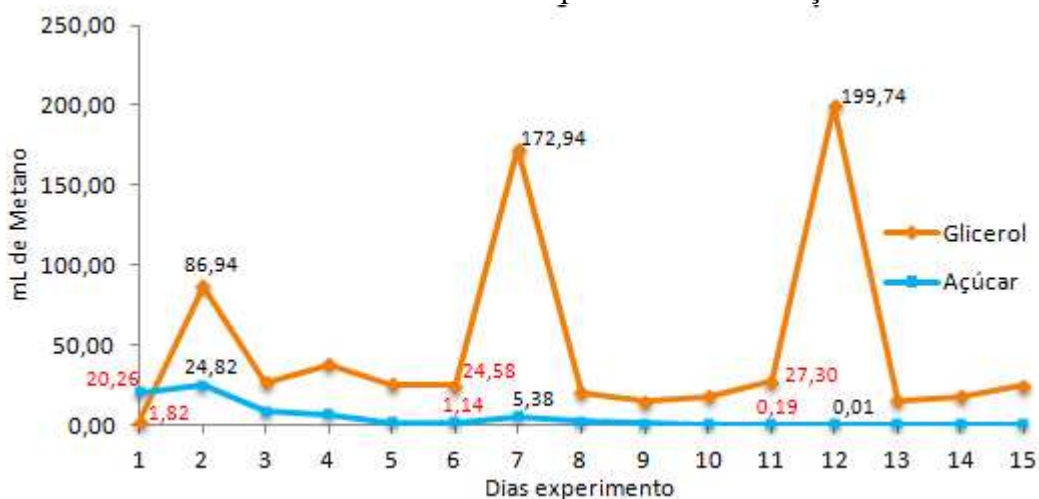
3 Resultados e discussões

Condição 3%

O reator de bancada alimentado com sacarose apresentou grande geração de biogás no início do experimento, devido a sua fácil degradação. Entretanto, mesmo com grandes volumes de biogás, pouco CH₄ foi produzido (Gráfico 1). Mesmo nas demais alimentações realizadas durante o tempo do experimento, houve pouca variação na produção de biogás, e o percentual de CH₄ apresentou constante queda.

Já o reator alimentado com glicerol não apresentou imediata produção de biogás, devido a à sua cadeia orgânica ser mais complexa comparada a da sacarose, o que o torna mais difícil de degradar. Verifica-se grandes volumes de biogás produzidos no dia seguinte à alimentação (86,94, 172, 94 e 199,74 mL de metano, Gráfico 1), e durante o experimento observa-se crescente aumento na produção de CH₄.

Gráfico 1 – Volume de Metano produzido na condição 3%



*Os valores em vermelho correspondem aos dias em que ocorreu a alimentação e, em preto, os dias após a alimentação.

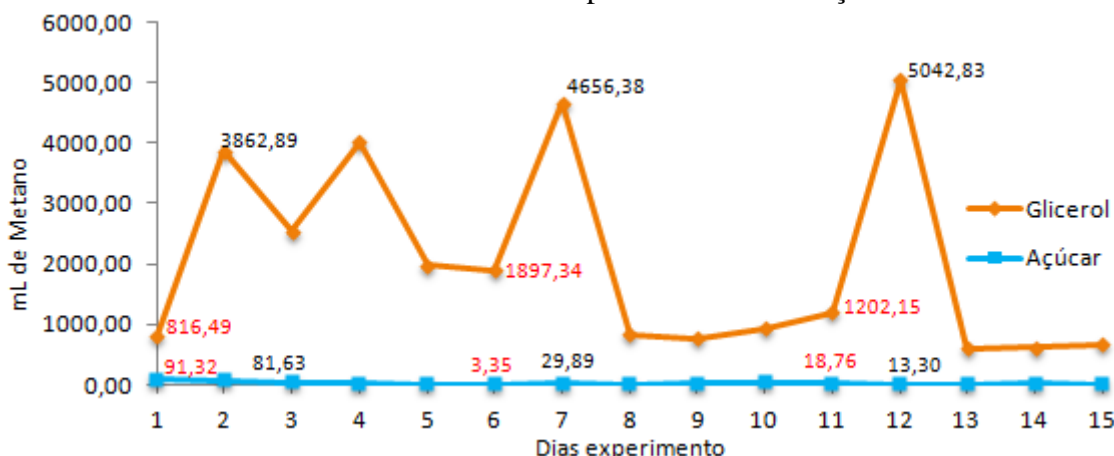


Condição 6%

A condição 6% também apresentou maiores valores de metano no reator de bancada alimentado com glicerol. O reator de bancada alimentado com sacarose apresentou valores consideráveis de geração de biogás, entretanto baixa produção de metano.

O gráfico 2 ilustra a quantidade de metano produzido pelo glicerol, comparado a sacarose. Neste caso, o glicerol se mostrou mais eficiente em produzir biogás com maiores índices de metano.

Gráfico 2 – Volume de Metano produzido na condição 6%



*Os valores em vermelho correspondem aos dias em que ocorreu a alimentação e, em preto, os dias após a alimentação.

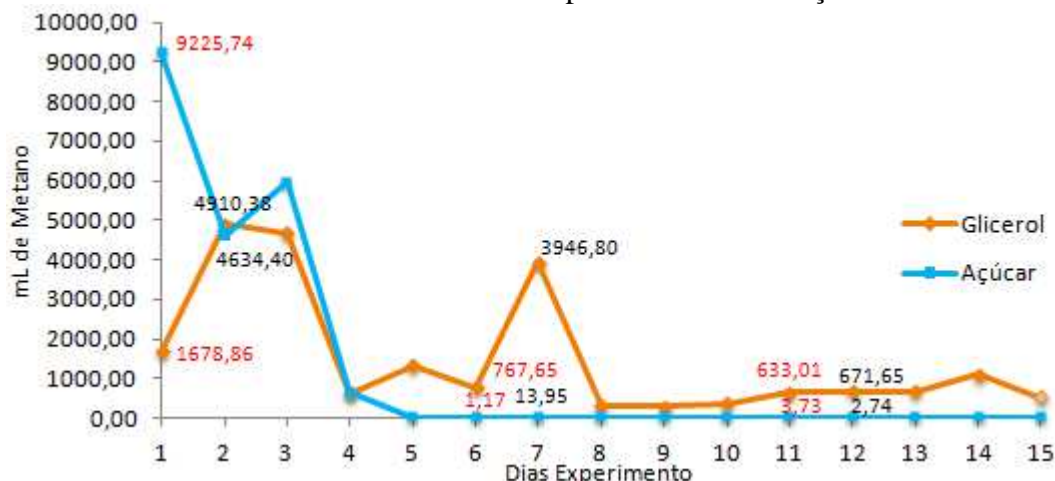
Condição 9%

Assim como nas condições 3 e 6% apresentadas anteriormente, o glicerol se mostrou mais eficaz na produção de metano também na condição 9%.

A sacarose apresentou valores mais elevados nos primeiros dias de experimento devido a sua fácil degradabilidade, entretanto, logo a produção de metano diminuiu, assim como a geração de biogás, encerrando o experimento com valores mínimos.

O glicerol por sua vez mantém a geração de biogás durante todo o experimento, assim como os valores de produção de metano.

Gráfico 3 – Volume de Metano produzido na condição 9%



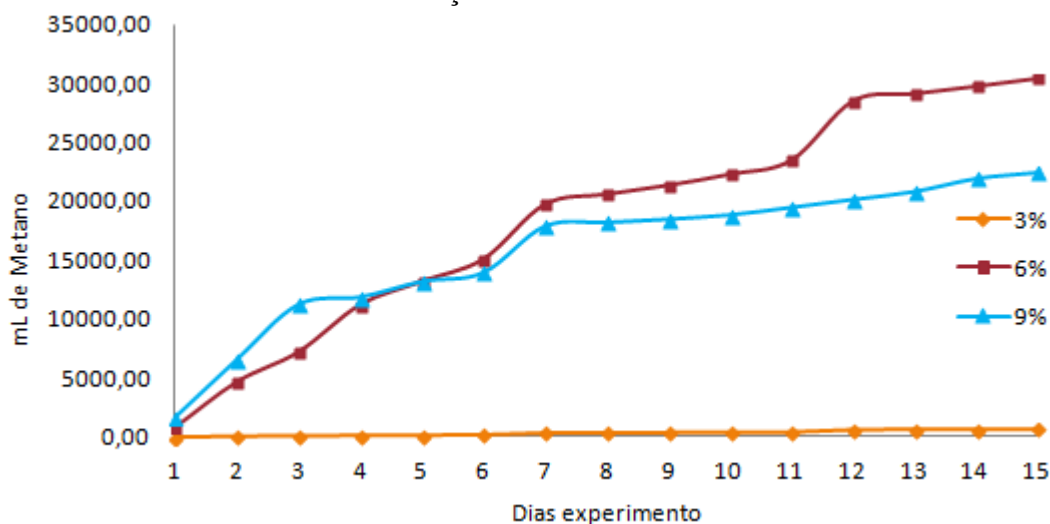
*Os valores em vermelho correspondem aos dias em que ocorreu a alimentação e, em preto, os dias após a alimentação.



Produção total de Metano

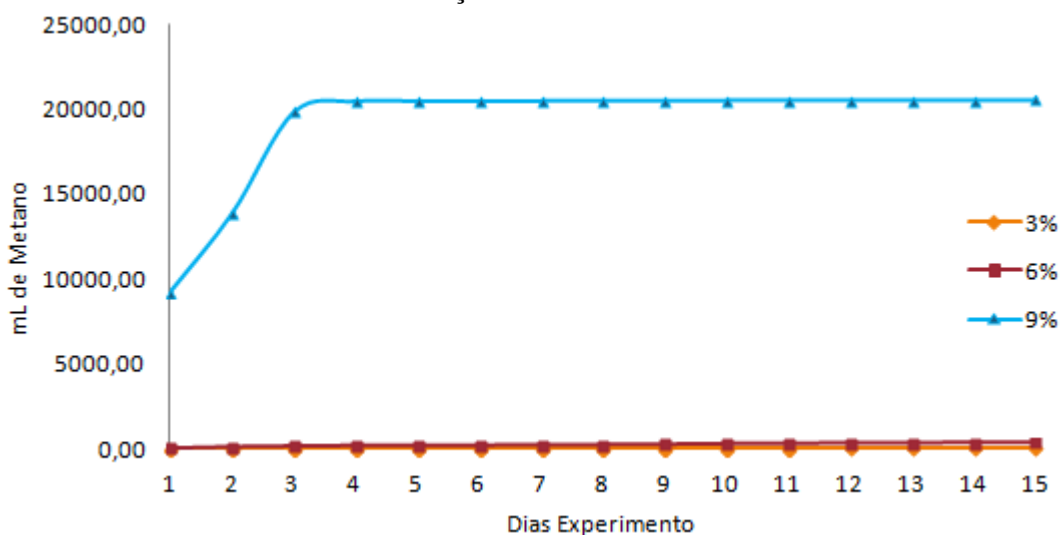
O Gráfico 4 apresenta os valores acumulados de produção de metano obtidos durante o experimento nas 3 condições alimentadas com glicerol. Observa-se que a condição 6% se mostrou mais eficaz, gerando maiores valores de metano.

Gráfico 4 – Produção total de Metano – Glicerol



Já nos experimentos com sacarose, a condição 9% foi a que mais produziu metano, ficando com valores bem acima dos valores produzidos pelas condições 3 e 6%.

Gráfico 5 – Produção total de Metano – Sacarose



Alcalinidade e pH e a interferência na produção de metano

Os microrganismos metanogênicos tem seu crescimento ótimo na faixa de pH que fica entre 6,5 a 8,2 (CAMPOS, 1999). O reator alimentado com sacarose apresentou baixos valores de produção de metano, o que pode ser explicado pelos valores de pH registrados ao final dos experimentos. A Tabela 2 apresenta os valores de pH ao final de cada etapa do experimento. Vale ressaltar que o pH do inóculo, ao início dos experimentos, estava em 7,77.



Tabela 2 – Valore de pH e alcalinidade ao final dos experimentos

Condição	Glicerol		Sacarose	
	pH	Alcalinidade (mg/L)	pH	Alcalinidade (mg/L)
3%	8,5	23.037,50	5,41	17.575,00
6%	5,85	13.215,00	4,92	11.990,00
9%	5,72	8.000,00	4,96	3.525,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os baixos valores de pH nos reatores alimentados com sacarose podem ser explicados pela fácil degradabilidade da cadeia orgânica da sacarose. Segundo Silva & Boncz (2012), o processo contínuo de hidrólise, ou seja, o processo simples de conversão microbiana dos compostos orgânicos resulta na produção excessiva de ácidos graxos voláteis (AGV), que em grandes quantidades afetam de forma direta o pH do meio, inibindo os microrganismos metanogênicos.

Os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em ácidos são mais resistentes as variações de pH, fazendo com que os AGV continuem sendo produzidos, acidificando o reator (BRUNO, 2007).

Já a alcalinidade é o parâmetro que indica a capacidade do meio em manter o pH estável, neutralizando os ácidos (CHERNICHARO, 1997). No processo de digestão anaeróbia esse parâmetro está diretamente ligado a produção de metano, e ocorre na faixa de pH entre 6,0 e 7,5 (SILVA; BONCZ, 2012).

Os valores de alcalinidade apresentados acima complementam os resultados de valores de metano apresentados pelas condições propostas. O efeito tamponamento está diretamente ligada a geração de biogás com potencial energético. Os reatores alimentados com sacarose foram os que menos geraram metano, e por consequência, os que apresentaram menores valores de pH e alcalinidade.

Entretanto, os reatores alimentados com glicerol apresentaram maior eficiência na produção de metano, apresentando maiores valores de pH e alcalinidade.

4 Conclusão

A partir dos dados apresentados, conclui-se que o glicerol possui potencial para a geração de biogás com potencial energético, sendo esta uma forma de reutilizar este rejeito e gerar energia. A sacarose, mostrou ser ineficiente nas concentrações utilizadas no presente trabalho, sendo degradada de forma rápida, o que resultou na acidificação do reator e interrompeu o processo de produção de metano.

Referências

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of wastewater**. 20th ed. New York, USA: APHA, 2005.

BRUNO, Marcelo. **Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios tratando águas residuárias do beneficiamento de café por via úmida**. Jaboticabal, SP: UEP, 2007.

CAMPOS, J. R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Cap. 2 e 5, 1º ed., Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1999, 464p.: il. Projeto PROSAB.



CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores anaeróbios**. 2ª edição. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo, SP: Estudos avançados, 2007.

KISPERGHER, E. M. **Digestão anaeróbia de efluentes da indústria de alimentos**. Curitiba, PR: UFPR, 2013.

KONRAD, Odorico; HEBERLE, A. N. A.; CASARIL, C. E.; KAUFMANN, G. V.; LUMI, Marluce; DALL’OGLIO, Michel; SCHIMITZ, Michele. **Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual**. Revista destaques acadêmicos, ano 2 , n. 4 , 2010 - CETEC/UNIVATES.

KONRAD, Odorico; LUMI, Marluce; HEBERLE, A. N. A.; TONETTO, J. F.; CASARIL, C. E. **A influência da codigestão de óleo vegetal residual na geração de biogás por lodo de estação de tratamento de efluentes**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 2, p. 1-20, 2013.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da viabilidade econômica-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica**. Florianópolis, SC: 2008.

MINHO, C. V.; KONRAD, Odorico; KOCH, F. F.; KLEINSCHMITT, A. B.; CASARIL, Camila; LUMI, Marluce. **Uso da glicerina residual na geração de biogás a partir do lodo de estação de tratamento de efluentes e dejetos de aves poederas**. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3 p. 041 – 050, 2012.

SILVA, Maria Cristina de Almeida. **Avaliação do regime operacional e da estabilidade microbiana no processo de fermentação anaeróbia para a produção de hidrogênio e ácidos graxos voláteis**. Porto Alegre, RS: Qualificação de doutorado, UFRGS, 2013. Não publicado.

SILVA, R. A. P. da; BONCZ, M. A. **Aplicação do calcário no tamponamento da acidez em processos de digestão anaeróbia: análise inicial**. Campo Grande, MS: UFMS, 2012.

YAZDANI, Syed Shams; GONZALEZ, Ramon. **Anaerobic fermentation of glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry**. Current Opinion in Biotechnology, 2007, 18:213 – 219.