

**TRATAMENTO ANAERÓBIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE FRIGORÍFICO COM
USO DE BIODIGESTORES: UTILIZAÇÃO DE REMEDIADORES BIOLÓGICOS
PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

**ANAEROBIC TREATMENT OF WATER WITH REFRIGERATOR USE OF
WASTEWATER DIGESTERS: USE OF BIOLOGICAL REMEDIATION FOR
PRODUCTION OF BIOGAS**

L. V. C. DA COSTA^{1*}

J. A. MOGHRABI²

A. L. SAGULA³

J. DE L. JUNIOR⁴

RESUMO

O abate de bovinos gera grandes quantidades de resíduos, devido a sua elevada concentração de matéria orgânica (presença de gorduras e proteínas), devendo receber tratamento antes de seu descarte, mesmo sendo considerados prejudiciais ao meio ambiente estes resíduos podem apresentar um bom potencial de reaproveitamento para produção de biogás. Visando a produção de biogás e o tratamento adequado para tais resíduos este trabalho tem como objetivo avaliar a inclusão de biorremediadores no processo de biodigestão anaeróbia da água residuária de frigorífico em biodigestores bateladas. Foi analisado a produção e qualidade do biogás, pH, teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), e tempo de retenção hidráulica. Foram considerados quatro tratamentos: T1 – controle+ água residuária, T2- controle + água residuária remediador 1, T3 – controle + água residuária + remediador 2 e T4 controle + água residuária + remediador 1 e 2. Os resultados mostram que não houve diferença entre os tratamentos para a produção de biogás, porém o tratamento 3 foi o primeiro a apresentar queima evidenciando a presença de metano.

Palavras-chave: bioenergia, bovinocultura e resíduos.

ABSTRACT

Cattle slaughter generate large amounts waste due to its high concentration of organic matter (presence of fats and proteins), should receive treatment before disposal, even being considered harmful to the environment while these residues

¹ Zootecnista, Professora Uniara, laurahcosta@yahoo.com.br

² Aluna do curso de engenharia bioenergética, Uniara,

³ Biólogo, doutorando energia na agricultura, FCAV – UNESP Botucatu

⁴ Eng Agrônomo, professor titular FCA - Unesp Jaboticabal.

may have a good potential for reuse of biogas production. Aimed at producing biogas and appropriate treatment for such wastes this work is to evaluate the inclusion of bioremediators in the process of anaerobic digestion of wastewater fridge batch digesters. Production and quality of biogas, pH, levels of total (TS) and volatile solids (VS) solids and hydraulic retention time was analyzed. Four treatments were considered: T1- Control + wastewater + T2- control remedial wastewater 1, T3 - Control + wastewater + remedial + 2 and T4- control wastewater remediation + 1 and 2. The results show that there was no difference between treatments for the production of biogas, but the treatment 3 was the first to introduce burns, indicating the presence of methane.

Keywords: bioenergy, cattle and waste.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC, 2013), o rebanho bovino brasileiro se mantém como um dos maiores rebanhos bovinos comerciais do mundo. O abate desses bovinos gera resíduos com grandes quantidades de gordura, sangue, fragmentos de tecidos, sólidos do conteúdo intestinal, e se forem descartados sem tratamento tornam as águas receptoras inadequadas à vida aquática e imprópria para qualquer tipo de abastecimento (agrícola, comercial, industrial ou recreativo). E se tratados em processos de biodigestão anaeróbia é possível obter o biofertilizante e gerar energia através da ação das bactérias anaeróbias que degradam a matéria orgânica transformando-a em biogás.

A técnica do uso de biodigestores em processos de biodigestão anaeróbia, além de eliminar os resíduos de formas adequadas para ajudar a resolver os problemas de poluição, o biogás irá também fornecer uma fonte de energia barata e

renovável, (LIMMEECHOKCHAI & CHAWANA, 2007).

O uso de remediadores compostos por microrganismos em meio anaeróbio, causam significativo aumento na taxa de biodegradação. De acordo com Millioli e Santos (2001), dentre as tecnologias, destaca-se a biorremediação que utiliza microrganismos biológicos capazes de reduzir ou eliminar certos contaminantes, aumentando a degradação do material rico em matéria orgânica, facilitando a atuação de bactérias, principalmente as metanogênicas, produtoras do biogás.

Para facilitar a degradação da matéria orgânica, aplica-se microrganismos durante a digestão, que adicionados como culturas iniciadoras, permitem a facilidade da degradação, além de melhoria da viabilidade da biodigestão, reduzindo o tempo de retenção do material no digestor. Baseado no exposto busca-se novas tecnologias que contribuam para a geração de energias renováveis e de forma que contribua com o saneamento ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Biomassa e Biodigestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP – Campus de Jaboticabal. Os dejetos foram coletados no setor de bovinocultura da

UNESP Jaboticabal. A água residuária foi coletada de frigorífico da região de Ribeirão Preto – SP. Os biorremediadores foram obtidos em empresas da região.

Para este ensaio foram montados 12 biodigestores do tipo batelada em escala laboratorial/experimental, com capacidade útil de 2 l de substrato em fermentação (Figura 01), contendo dejetos bovinos e água residuária de abate, ambos diluídos em diferentes proporções em água, sendo

adicionado microrganismos biológicos (figura 2), sendo o biorremediador 1 contendo somente microrganismos e o remediador 2 chamado de solução detergente. Para a simulação de água residuária de frigorífico, dilui-se a água na água residuária de abate com dejetos bovinos, água de sangue ou linha vermelha de frigorífico e água, de modo que proporcione ao meio uma maior concentração de matéria orgânica, figura 3.

FIGURA 1 – Biodigestores batelada modelo experimental



FIGURA 2 – Remediadores biológicos utilizados no experimento



FIGURA 3 - Água residuária de frigorífico utilizada nos tratamentos**REMEDIADORES**

Biorremediador contendo microrganismos

O biorremediador que contém microrganismos a tem a seguinte composição, descrito na tabela 1:

Tabela 1 - Composição do biorremediador com microrganismos

Grupo de bactéria	Espécie
Bactéria púrpura sem enxofre	<i>Rhodopseudomonas viridis</i>
	<i>Rhodopseudomonas palustres</i>
	<i>Rhodospirillum molisch</i>
	<i>Rhodospirillum fulvum</i>
	<i>Rhodospirillum centenum</i>
	<i>Rhodospirillum rubrum</i>
Bactéria púrpura sulfúrica	<i>Thiobacillus novellus</i>
	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>
	<i>Thiobacillus denitrificans</i>
	<i>Thiobacillus thioparus</i>
Pseudomonas	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	<i>Pseudomonas citronellolis</i>
	<i>Pseudomonas stutzeri</i>
	<i>Pseudomonas putida</i>
	<i>Pseudomonas syringae</i>
Alcaligenes	<i>Alcaligenes desnitrificans</i>
Citrobacter	<i>Citrobacter freundii</i>
	<i>Citrobacter braaki</i>
Flavobacterium	<i>Flavobacter aquatile</i>
	<i>Flavobacter oceanosedimentum</i>
Nitrobacter	<i>Nitrobacter winogradski</i>
	<i>Nitrobacter alcalicus</i>
	<i>Nitrobacter sp. Nb 107</i>
Nitrossomas	<i>Nitrossomas europaea</i>
Comamonas	<i>Comamonas testosteroni</i>
Bacillus	<i>Bacillus mecerans</i>
	<i>Bacillus subtilis</i>
	<i>Bacillus licheniformis</i>
	<i>Bacillus polymyxa</i>
Saccharomyces	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Fonte: do autor

Foram avaliados 4 tratamentos com 4 repetições, descritos a seguir:

T1 - Controle: 250g de dejetos + 20g amostra líquida de sangue + 1000g água residuária + 530g água;

T2 - 250g de dejetos + 20g amostra líquida de sangue + 3 ml biorremediador contendo detergente líquido + 1000g água residuária + 527g água;

T3 - 250g de dejetos + 20g amostra líquida de sangue + 1 ml biorremediador contendo

microrganismos + 1000g água residuária + 530g água;

T4 - 250g de dejetos + 20g amostra líquida de sangue + 3 ml biorremediador contendo detergente líquido + 1 ml biorremediador contendo microrganismos + 1000g água residuária + 525 g água.

ANÁLISES LABORATORIAIS

- Teores de sólidos totais e voláteis (ST E SV)

Os teores de ST e SV das amostras coletadas durante os ensaios de caracterização e biodigestão anaeróbia dos substratos afluente e efluente serão determinados de acordo com metodologia descrita por APHA (2005).

- Potencial de hidrogênio (PH)

O potencial hidrogeniônico (pH), foi realizado no mesmo substrato coletado do material de afluente e efluente utilizado para determinação dos teores de sólidos totais e voláteis, utilizando o medidor de pH digital "Digimed (DMPH – 2)", sendo que na determinação do pH da amostra será realizado a partir do material recentemente coletado e com sua umidade natural.

-Produção de biogás

-Determinação do volume de biogás e cálculo dos potenciais de produção de biogás

Para a determinação dos volumes de biogás produzidos diariamente, será medido o

deslocamento vertical dos gasômetros e os valores serão multiplicados pela área da seção transversal interna dos gasômetros, ou seja, $0,0507 \text{ m}^2$. Após cada leitura os gasômetros serão. A correção do volume de biogás para as condições de 1atm e 20°C será efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985). Os potenciais de produção de biogás serão calculados utilizando-se os dados de produção diária e as quantidades de substrato, de ST de SV adicionados nos biodigestores, além das quantidades de SV reduzidos durante o processo de biodigestão anaeróbia. Os valores serão expressos em m^3 de biogás por kg de substrato, de dejetos ou de ST e SV.

- Análise da composição do biogás produzido

As análises da composição do biogás produzido foram realizadas semanalmente para determinação dos teores de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), em cromatógrafo de coluna gasosa Finigan GC-2001, equipado com as colunas Porapak Q e Peneira Molecular e detector de condutividade térmica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as análises realizadas, houve a possibilidade de descrever e detalhar as características do resíduo da entrada e da saída dos biodigestores, proporcionando a

observação do mesmo, para analisar e comparar sua eficiência.

A tabela 2, mostra a caracterização da água residuária "bruta", antes das misturas dos substratos.

TABELA 2 - Características da água residuária "bruta"

Parâmetros g/100 g	Água Residuária
ST (%)	3.09
SV (%)	77.3
pH	7.05
N (%)	2.28
P (%)	1.40

ST= sólidos totais, SV=sólidos voláteis, pH=potencial de hidrogênio, N= nitrogênio, P= fósforo.

Morales (2006), encontrou para os parâmetros analisados para a água residuária de abate bovino valores de 6,87 para o pH; 0,17 e 1,9 mg L⁻¹ para

N e P, respectivamente; e 0,38 e 99,78 mg L⁻¹ para ST e SV, respectivamente. Podemos observar que os valores são próximos aos obtidos neste trabalho.

TEORES DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

Os valores de pH do material de entrada (afluente) e saída (efluente), dos tratamentos analisados

TABELA 3 - Valores médios de pH

Tratamentos	pH Entrada	pH Saída	Desvio Padrão
T1	6,76	7,53	0,544
T2	6,41	7,33	0,579
T3	6,38	7,12	0,523
T4	6,55	7,3	0,530

pH = potencial de hidrogênio

Observando os valores de pH na entrada e na saída do material, as médias foram bem próximas uma das outras, não havendo portanto interferência da presença dos microrganismos nos tratamentos, uma vez que o controle do pH no processo de biodigestão anaeróbia é de suma importância, pois a atuação das

bactérias que degradam o meio se dá principalmente em meio neutro a levemente alcalino.

De acordo com os dados de DEL POZO & DIEZ (2005) e BUDIYONO et al. (2011), estes autores obtiveram pH de 7,20 para afluentes de estação de tratamento de abatedouro bovino, portanto os valores registrados neste

trabalho para dados de efluente se enquadraram dentro do intervalo recomendado, evidenciando que o

processo de biodigestão anaeróbia é passível de conversão da matéria orgânica.

POTENCIAIS DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Na Tabela 4 encontram-se os valores obtidos para os potenciais de produção de biogás por sólidos totais adicionados (STadic), sólidos voláteis

adicionados (SVadic) e sólidos voláteis reduzidos (SVred) por kg de dejetos nos tratamentos avaliados.

TABELA 4 - Potenciais médios de produção de biogás por kg de sólidos totais adicionados, sólidos voláteis adicionados, sólidos voláteis reduzidos e por kg de dejetos.

Tratamentos	Potenciais (m ³ de biogás/kg)				
	Biogás	STadic	SVadic	SVred	Dejetos
T1 (Controle)	0.0179 ^a	0.1083 ^a	0.1231 ^a	0.1429 ^a	0.0120 ^a
T2 (controle+ deterg.)	0.0125 ^a	0.0685 ^a	0.0831 ^a	0.1342 ^a	0.0087 ^a
T3 (Controle+microrg)	0.0141 ^a	0.0766 ^a	0.0879 ^a	0.1447 ^a	0.0091 ^a
T4 (controle+ deterg+microrg)	0.0132 ^a	0.0721 ^a	0.0788 ^a	0.1365 ^a	0.0090 ^a

ST adic= sólidos totais adicionados, SV adic= sólidos voláteis adicionados, SV red= sólidos voláteis reduzidos, Dejetos ou matéria orgânica. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Observa-se pela tabela que mesmo o tratamento controle apresentando maiores médias para todos os parâmetros avaliados não houve diferença estatística entre os experimentos.

Martinho (2013), encontrou valores de 0,0333 a 0,0578 m³ de biogás, em tratamentos contendo água de abatedouros bovinos, com inoculação da linha vermelha (sangue), valores superiores aos encontrados nesse trabalho, fato que pode ser justificado devido a adição do conteúdo de linha verde (tripas) em seu trabalho, o que não ficou muito evidenciado no presente trabalho.

O material utilizado no presente trabalho se caracteriza por possuir

grandes quantidades de componentes fibrosos (dejeito bruto *in natura*, simulando a linha verde de abate) o que, de acordo com ORRICO JÚNIOR et al. (2010), a eficiência de remoção de sólidos torna-se menor o que conseqüentemente confere maior lentidão ao processo.

Todo o material utilizado no processo de biodigestão anaeróbia, foi passível de produzir biogás, independente da presença do biorremediador ou não, ou seja, toda a matéria orgânica presente na água residuária de frigorífico, é passível de conversão e degradação da matéria orgânica.

Redução dos teores de sólidos totais e voláteis (ST E SV)

A Tabela 5 apresenta os valores médios obtidos de sólidos totais e voláteis em porcentagem e em

redução para os biodigestores batelada.

TABELA 5 - Teores médios de sólidos totais e redução de sólidos voláteis

Tratamentos	ST (%)		SV (%)		Reduções (%)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	ST	SV
T1 (Controle)	5,05	0,44	82,5	63,03	9,12	76,40
T2(controle+ deterg.)	5,02	0,42	84,99	62,8	9,01	76,0
T3 (Controle + micr.)	5,43	0,69	87,37	72,4	8,72	82,86
T4 (controle+deterg+microrg)	4,88	0,38	85,50	60,8	8,3	75,2

ST= sólidos totais; SV =sólidos voláteis

Para os sólidos totais referem-se ao material remanescente após a remoção da água, enquanto que os sólidos voláteis referem-se à matéria orgânica presente no resíduo passível de transformação, sendo os substratos para as bactérias metanogênicas e responsáveis diretos pela produção de biogás.

Os afluentes deste trabalho foram formulados de modo a apresentarem teor de sólidos totais

(ST) de 4,5 % aproximadamente, embora apresentando valores acima, isso não interferiu no processo. Observa-se que para o parâmetro de redução de SV, o tratamento que recebeu microrganismos, apresentou o maior valor, indicando que os microrganismos são eficientes na redução dos sólidos, de modo a facilitar a degradação e conversão da matéria orgânica.

Análise da composição do biogás produzido

Durante o período experimental, o equipamento utilizado para medir a composição do biogás (cromatógrafo) apresentou problemas, não sendo possível analisar a composição do início ao fim do experimento. Porém foi realizado o teste de queima para verificar a presença do metano (considerado o biogás por excelência), pois segundo dados de literatura, quando ocorre queima no processo de biodigestão anaeróbia, há uma maior presença de metano. Notou-se, portanto, que o tratamento T3 contendo remediador microrganismo,

foi o primeiro a apresentar queima, por volta do 9º dia de fermentação, em seguida do tratamento controle que apresentou queima aos 16º dias, e os tratamentos T2 e T4 apresentaram queima por volta do 20º dia em diante. Evidenciando, que embora não havendo diferenças na produção de biogás, o remediador biológico contendo microrganismos favorece uma queima mais rápida pela presença do metano, antecipando a atuação de bactérias metanogênicas no meio.

CONCLUSÕES

O processo de biodigestão anaeróbia da água residuária de frigorífico reduziu os teores de sólidos totais e voláteis eficientemente indicando seu alto potencial de degradação e, conseqüentemente, possibilidade da conversão desse tipo de resíduo em biogás.

O uso de biorremediadores indicou benefícios ao sistema, pois não interfere na produção, porém sugere-se estudos de diferentes proporções no seu uso para uma maior eficiência do processo.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Universidade Estadual Paulista, campus Unesp Jaboticabal, ao laboratório de biomassas e resíduos do

departamento de engenharia rural, por fornecer todo o material necessário para desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368p.

ANUALPEC 2013: **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo, 2013.

BUDIYONO, I. N.; WIDIASA, S.; SUNARSO, J. **Study on Slaughterhouse Wastes Potency and Characteristic for Biogas Production**. International Journal of Waste Resources, v.1, n.2, p.4- 7, 2011.

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Unesp, Botucatu

DEL POZO, R.; DIEZ, V. **Integrated anaerobic-aerobic fixed-film reactor for slaughterhouse wastewater treatment**. Water Research, v.39, n.6, p.1114-1122, 2005.

LIMMEECHOKCHAI, B.; CHAWANA, S. **Sustainable energy development strategies in the rural Thailand: the case of the improved cooking stove and the small biogas digester**. RenewSust Energy Rev n. 11, p. 818–37, 2007

MARTINHO, F. H. C. **Codigestão anaeróbia de resíduos de abatedouro de bovinos**. Dissertação

(mestrado em zootecnia). Aquidauana – MS, 2013. 46 p.

MILLIOLI, V. S.; SANTOS, L. C. dos. **Avaliação da Potencialidade do uso de Biossurfactante na Biorremediação de Solo Contaminado por óleo cru**. p. 1-13, 2001.

MORALES, M. M. **Avaliação dos resíduos sólidos e líquidos em um sistema de abate de bovinos**. Botucatu. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, 2006

ORRICO JUNIOR, M. A. P. ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, J. L. **Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves**. Revista Engenharia Agrícola, v.30, n.3, p.538-545, 2010.