

II-154 - CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE METANO DO RÚMEN BOVINO

Derovil Antonio dos Santos Filho⁽¹⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre e Doutorando em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE) e do Grupo de Processos Tecnológicos e Ambientais (GPTA/DEQ/UFPE).

Laís Roberta Galdino de Oliveira

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre e Doutoranda em Engenharia Civil – Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Integrante do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE).

André Felipe de Melo Sales Santos

Engenheiro Químico, Mestre e Doutor pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor Adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Colaborador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE). Integrante do Grupo de Processos Tecnológicos e Ambientais (GPTA/DEQ/UFPE).

Maurício Alves da Motta Sobrinho

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Professor Associado 1 da Universidade Federal de Pernambuco. Colaborador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE). Coordenador do Grupo de Processos Tecnológicos e Ambientais (GPTA/DEQ/UFPE). Pesquisador 2 do CNPq.

José Fernando Thomé Jucá

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutor pela Universidad Politécnica de Madrid. Pós-Doutor pela Universidade de São Paulo. Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco. Coordenador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/DEC/UFPE). Pesquisador 1B do CNPq.

Endereço⁽¹⁾: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária - Recife - PE. - CEP: 50670-901 - Brasil - Tel: +55 (81) 8848-3212 - Fax: +55 (81) 2126-8222 - e-mail: derovilsantos@gmail.com

RESUMO

O rúmen é um resíduo oriundo dos conteúdos estomacais dos ruminantes, por isto é produzido, em grande escala, pela atividade agropecuária. O mesmo apresenta elevado potencial de degradação ambiental associado a sua elevada concentração de material orgânico biodegradável. Este resíduo pode ser coprocessado com a finalidade de produção de biogás e a produção de energia elétrica, através de sua biodigestão anaeróbia. Este trabalho caracterizou e avaliou o potencial de produção de metano do rúmen bovino, oriundo de um abatedouro de bovinos localizado na Regional da Mata Norte em Pernambuco. A caracterização contemplou os parâmetros pH, DQO e macro e micronutrientes necessários ao processo de biodegradação. A quantificação da produção de metano foi feita através do sistema AMPTS II, utilizando rúmen bovino a temperatura de 37° C, sob agitação e por um período de 40 dias. Ao fim desse período, obteve-se a produção média de metano de 764 NmL, e uma taxa de 1,91 NmL CH₄/g de rúmen. O pH e as concentrações de ferro, manganês, magnésio e potássio, encontradas no rúmen bruto podem ter estimulado o processo de biodigestão e produção de metano, ao passo que a concentração de traço zinco apresenta características de inibição. O rúmen bovino apresentou características adequadas para a digestão anaeróbia e potencial de produção de metano, podendo, até, ser utilizado como inóculo na biodigestão de resíduos sólidos, sendo uma ótima alternativa para inseri-lo em processos produtivos, dando uma destinação mais adequada ao mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Rúmen bovino, caracterização, metano, biodigestão anaeróbia.

INTRODUÇÃO

A escassez de recursos naturais renováveis, o aumento da produção de efluentes e resíduos, a crescente demanda de energia e todas as implicações ambientais oriundas desse contexto, têm estimulado pesquisas e desenvolvimento de tecnologias alternativas de suprimento energético (GÊNERO *et al.*, 2013).

O manejo inadequado dos efluentes e resíduos agrícolas, em especial, pode resultar na poluição das águas superficiais e subterrâneas, do solo e do ar. Isto, devido ao alto teor de matéria orgânica e agentes patogênicos, além do potencial de produção de gases do efeito estufa (GEE), durante o processo de decomposição natural dos compostos orgânicos. Também vale salientar que os herbívoros ruminantes como bovinos, ovinos, bubalinos e caprinos, por meio da fermentação ruminal também produzem metano (NEVES, 2008). Estima-se que sejam por estes ruminantes emitidas cerca de 80 milhões de toneladas anuais, correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antropogênicas (USEPA, 2000).

Além de todos os problemas ambientais, vale ressaltar que o consumo de energia, em todo o mundo, é crescente, e a complementação e ou substituição de fontes de energia convencionais por fontes alternativas de energia renovável, como biolíquido e biomassa, podem complementar e diversificar a produção de energia elétrica.

Entre as possibilidades viáveis para o tratamento de efluentes e resíduos orgânicos, a biodigestão anaeróbia representa uma alternativa, pois permite redução do potencial poluidor, geração de energia e a utilização do efluente tratado para fertilização de diversas culturas comerciais (MACHADO, 2011). O rúmen, por sua vez, apresenta características peculiares que o tornam um ecossistema anaeróbico propício para o desenvolvimento microbiano (TEIXEIRA, 1992).

No entanto, segundo Chernicharo (1997), o sucesso da digestão anaeróbia está relacionado ao controle rigoroso das condições de processo, tais como: presença de macronutrientes (nitrogênio, fósforo e enxofre), de micronutrientes (ferro, cobalto, níquel e molibdênio), temperatura, pH, controle da alcalinidade e dos ácidos voláteis gerados.

De acordo com Brulc *et al.* (2010), o grupo microbiano presente no rúmen é caracterizado pela sua alta densidade populacional, contendo uma heterogeneidade (bactérias, protozoários, fungos) e ampla complexidade das interações, essa comunidade microbiana pode ser considerada um “reator de fermentação” que mantém um ambiente propício em relação ao pH, a disponibilidade de nutrientes e a temperatura, resultando numa elevada capacidade de degradar polímeros naturais (celulose, hemicelulose) e compostos orgânicos complexos de outras origens.

MATERIAIS E MÉTODOS

O rumén bovino utilizado nesse estudo foi coletado no Abatedouro Regional da Mata Norte, localizado no município Paudalho-PE. Após a coleta foi acondicionado em recipiente de polietileno fechado e mantido em temperatura ambiente (30-35°C). Não foi necessário acondicionamento sob refrigeração tendo em vistas que temperatura ruminal situa-se entre 38° a 42° C (RUIZ, 1992).

Em seguida, o rúmen bovino foi encaminhado para o Laboratório de Geotecnia Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, onde foi determinado o pH e a demanda química de oxigênio (DQO), de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 2005). No Laboratório de Fertilidade do Solo & Meio Ambiente (Labfert) foram realizadas das seguintes análises químicas: nitrogênio, fósforo, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco, segundo a metodologia da EMBRAPA (2009).

A avaliação do potencial de produção de metano foi realizada através do sistema AMPTS II (*Automatic Methane Potential Test System* ou Sistema automático de teste de potencial de metano) da Bioprocess Control, como (Figura 1).



Figura 1: Aparato experimental utilizado no teste com o sistema AMPTS II

O sistema AMPTS II consiste num equipamento dotado de um conjunto de garrafas (reatores) hermeticamente vedadas, com volume individual de 0,5 L, com agitação mecânica opcional de 10 a 200 rpm, controle de temperatura em banho-maria ($37 \pm 1^\circ \text{C}$) e sensores de metano. Esses reatores são conectados à recipientes com 80 mL de uma solução de hidróxido de sódio (3M), utilizada para absorção do dióxido de carbono presente no biogás gerado. Os sensores dos reatores são interligados a um *software* de interface gráfica que registra a cada 24 h a produção de metano e constrói automaticamente a curva de produção acumulada de metano em função do tempo. Foram inoculados 400 g de rúmen bovino em três reatores, mantidos a 37°C (próximo da temperatura ótima do ambiente estomacal dos ruminantes), durante um período de 40 dias e com agitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização do rúmen bovino fresco, ou seja, antes de sua utilização no sistema AMPTS II.

Tabela 1: Caracterização do rúmen bovino fresco.

Parâmetros	Valores médios
pH	7,33
DQO (mg O ₂ /L)	32.200
N (mg/L)	700
P (mg/L)	490
Ca (mg/L)	1.710
Cu (mg/L)	4,0
Fe (mg/L)	66
Mg (mg/L)	80
Mn (mg/L)	8,10
K (mg/L)	240
Na (mg/L)	320
Zn (mg/L)	6,3

Segundo Chernicharo (1997), o pH adequado para o crescimento ótimo das bactérias produtoras de metano encontra-se na faixa de 6,6 e 7,4, estando o rúmen dentro desta faixa. O mesmo autor destaca que a relação fósforo/nitrogênio (P/N) que está relacionada a proporção da incorporação microbiana na digestão anaeróbia,

deve estar na faixa de 1/7 a 1/5, sendo o valor obtido de 7/10 indicativo de P em excesso e/ou carência de nitrogênio.

Com relação aos compostos inibidores e estimulantes da degradação, de acordo com Deublein & Steinhäuser (2008), apenas a concentração do elemento traço zinco apresentou características de inibição, já os elementos ferro e manganês estão dentro da faixa de concentração mínima requerida para o processo de biodigestão. Enquanto para Chernicharo (1997), a concentração de magnésio e potássio está dentro da faixa estimuladora da biodigestão.

A Figura 2 apresenta a produção acumulada de metano nos três reatores preenchidos com 400g rúmen bovino, onde pode-se observar um comportamento similar entre as 3 triplicatas, sendo o valor médio obtido de cerca de 764 NmL de CH₄. A taxa média de produção de metano foi de aproximadamente 1,91 NmL CH₄/g rúmen.

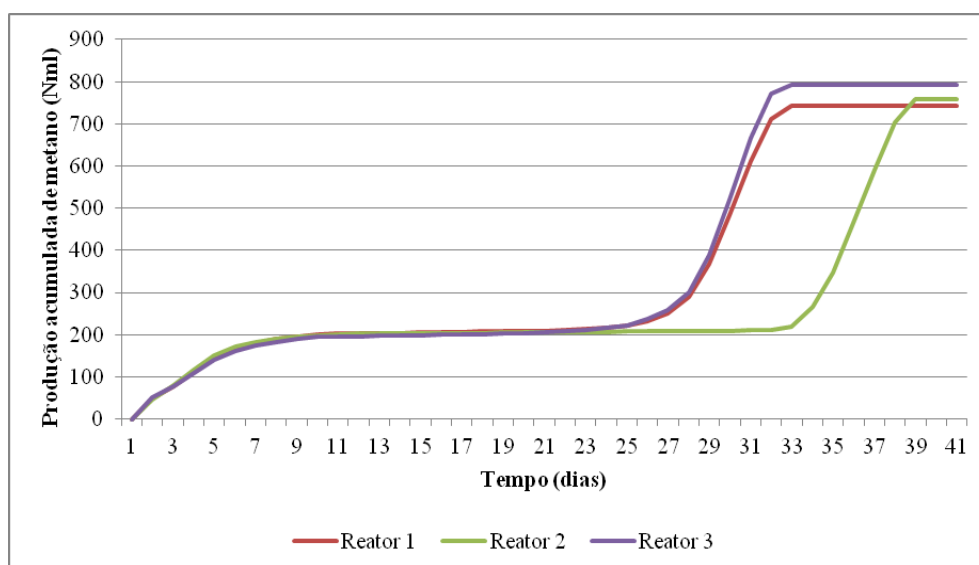


Figura 2: Produção acumulada de metano oriunda da biodigestão utilizando rúmen bovino.

A Figura 3 apresenta a taxa de fluxo de metano nos 3 reatores, onde pode-se observar, novamente, um comportamento similar entre as triplicatas.

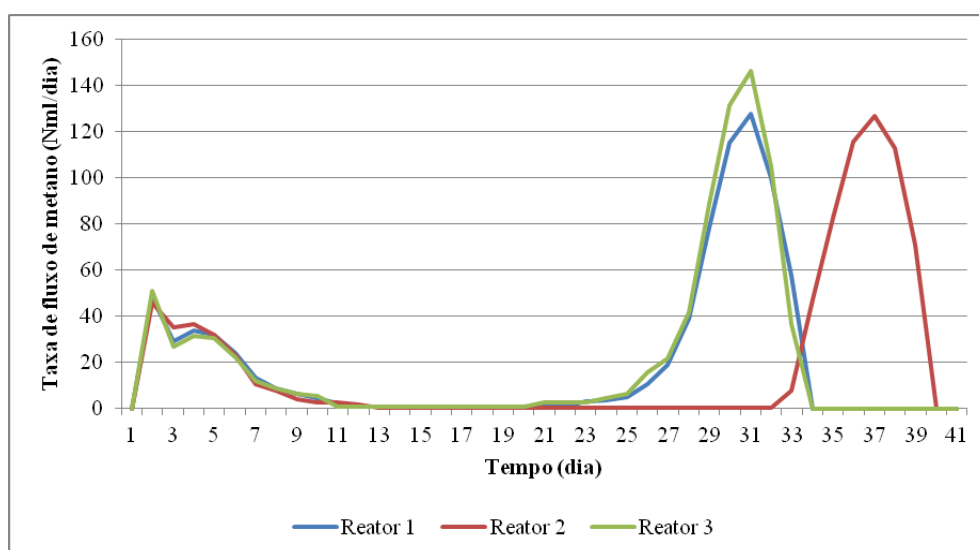


Figura 3: Taxa de fluxo de metano oriunda da biodigestão utilizando rúmen bovino.

Observou-se que os reatores 1 e 3 tiveram o maior fluxo no 30º dia (cerca de 127 e 143 NmL/dia, respectivamente), já no reator 2, a maior taxa ocorreu somente no 36º dia (126,6 NmL/dia). Em relação aos comportamentos apresentados nas Figuras 2 e 3 observam-se claramente duas fases de degradação muito provavelmente associadas à fração mais facilmente e menos facilmente biodegradável presentes conjuntamente e em diferentes proporções no rúmen. Particularmente, o comportamento diferenciado do reator 2 pode estar associado a pequenas alterações na composição e concentração do rúmen fresco que se constitui numa mistura não homogênea de restos de vegetais e material microbiano presentes no estômago do ruminante em fases diferentes de digestão, o que pode levar consequentemente a diferentes tempo de biodegradação sob condições anaeróbias. O material celulósico e hemicelulósico presente em vegetais necessita de um maior tempo para a etapa hidrolítica/fermentativa em relação a frações já biodegradadas ou frações orgânicas de outras naturezas (proteínas, carboidratos, etc.) presentes no rúmen.

Em um estudo realizado por Barcelos (2009), a maior produção de biogás, cerca 144L, se deu no reator de resíduos sólidos orgânicos, inoculado com rúmen bovino e uma solução tampão, vale salientar que no referido estudo foram utilizados os seguintes inóculos: esterco bovino e suíno, e rúmen bovino.

Um outro estudo desenvolvido por Silva *et al.* (2009) verificou que a presença quantitativa do rúmen bovino contribui satisfatoriamente para eficiência do processo de biodigestão, demonstrando a viabilidade técnica para o emprego em processos anaeróbios para resíduos de matadouros.

CONCLUSÕES

Essa pesquisa buscou verificar se o rúmen bovino fresco possuía características adequadas para utilização na digestão anaeróbia, podendo, inclusive, ser utilizado como inóculo na biodigestão de outros resíduos sólidos. Então, pode-se observar que tanto o pH, quanto as concentrações de ferro, manganês, magnésio e potássio, encontradas no rúmen bruto são estimulantes do processo de biodigestão e metanização, por outro lado, a concentração do zinco pode inibir o referido processo.

A inoculação além de acelerar o processo de digestão e aumentar a produção de biogás (e metano), é uma ótima alternativa para inserir os efluentes e resíduos nos processos produtivos, podendo até gerar produtos comerciais, como energia elétrica e biofertilizante. Nesta investigação, obteve-se uma produção média de metano de 764 NmL a uma taxa de 1,91 NmL CH₄/g de rúmen.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
2. BARCELOS, B. R. Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, 2009.
3. BRULC, J. M. et al. Gene-centric metagenomics of the fiber-adherent bovine rumen microbiome reveals forage specific glycoside hydrolases. Proc. Natl. Acad. Sci., USA, 2010.
4. CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.
5. DEUBLEIN, D & STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008.
6. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: 2009.
7. GÊNERO, L. C. et al. Produção de hidrogênio a partir de biogás. Acta Iguazu, Cascavel, v. 2, n. 1, 29-42, 2013.
8. MACHADO, C. R. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Campus de Botucatu, 2011.



9. NEVES, M. C. Produção in vitro de metano e análise da diversidade genética das archaea metanogênicas do rúmen de bovinos. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
10. RUIZ, T. L. Microbiologia Zootécnica. 1º Ed. São Paulo: Roca, 1992.
11. SILVA, A. B. et al. Produção de Biogás a Partir de Resíduos de Matadouros. 49º Congresso Brasileiro de Química, Porto Alegre, 2009. Disponível em: < <http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/5/5-104-815.htm> >. Acesso em: 31 de março de 2015.
12. TEIXEIRA, J. C. Nutrição de ruminante. Lavras, MG: ESAL/ FAEPE, 1992.
13. USEPA – United States Environmental Protection Agency. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs In: PEER REVIEW DRAFT. Washington D.C, 2000.