

POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE METANO EM SISTEMAS DE TRATAMENTO E DE BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE BOVINOS

METHANE PRODUCTION POTENTIAL IN ANAEROBIC AND BIODIGESTION TREATMENT SYSTEMS OF CATTLE MANURE

Valéria C. Rodrigues Sarnighausen¹

Geraldo de Nardi Junior²

RESUMO

O objetivo deste trabalho é evidenciar o potencial de redução do principal gás de efeito estufa (GEE), o metano, ao comparar um sistema de tratamento de dejetos de bovinos com um sistema de biodigestão anaeróbia para a produção de biogás e biofertilizantes. O processo, além de promover a redução de emissão, poderá ser fonte de energia renovável e o biofertilizante útil para a recuperação de nutrientes do solo. Diante do uso desenfreado dos combustíveis fósseis como fonte de energia limitada e emissora de GEE, a busca por processos de mitigação integrados à produção de energia alternativa e renovável se faz necessária e urgente. Visando estabelecer uma visão sobre estratégias de desenvolvimento sustentável e limpo, este trabalho faz uma estimativa da capacidade de redução de GEE ao utilizar a tecnologia do biogás como produção de energia e como processo de mitigação e demonstra que as lagoas de biodigestão anaeróbia são eficientes quanto à produção de metano, seguida pela produção em biorreatores.

Palavras chave: Mecanismo de desenvolvimento limpo, dejetos de bovinos, biodigestor, energia renovável.

ABSTRACT

This study aims at showing reduction potential of methane, the main greenhouse gas (GHG), when comparing cattle manure treatment system with an anaerobic digestion system for the production of biogas and bio-fertilizers. The process also promotes the reduction of emissions; it may also be a source of renewable energy, and useful bio-fertilizer for the recovery of soil nutrients. In face of the unrestrained use of fossil fuels as limited energy source and greenhouse gas emitter, the search for mitigation processes integrated into the production of alternative and renewable energy is necessary and urgent. Establishing an overview on sustainable and clean development strategies, this paper estimates the GHG reduction capability when using biogas technology as energy production and as a mitigation process, and it demonstrates that anaerobic digestion lagoons are efficient for the production of methane, followed by production in bioreactors.

Key words: Clean Development Mechanism, Cattle Manure, Digester, Renewable Energy.

¹ Profa. Dra. Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, Faculdade de Ciência Agrônômica (FCA), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Botucatu-SP.

² Médico Veterinário, Doutor pela Unesp-Botucatu, Professor de Disciplina de Produção Animal da Faculdade de Tecnologia de Botucatu-SP. E-mail: gjunior@fatecbt.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, atualmente a população total de bovinos no território brasileiro atingiu o número de 210.654.620 (MAPA, 2015). O Brasil mantém o perfil de segundo lugar, sendo a Índia o detentor do maior rebanho do mundo. O Mato Grosso é o estado brasileiro que possui o maior número de animais, representando 13,5% do efetivo nacional de bovinos (IBGE, 2015).

A bovinocultura é responsável por quantidade significativa de emissão de gases de efeito estufa (GEE) devido a fermentação entérica e tratamento de dejetos. É comum a viabilização de sistemas de compostagem para armazenamento e produção de adubo orgânico, porém a retenção do fertilizante produzido gera quantidades significantes de GEE, e contribui para a emissão de CO₂, CH₄, N₂O e NH₃ para a atmosfera (FAO, 2006). O relatório do *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC, 2007) indica que o metano e o óxido nítrico são os gases de maior ação de aquecimento da atmosfera devido ao alto poder de absorção de radiação de infravermelho, sendo a amônia precursora de problemas relacionados ao odor desagradável, à eutrofização e à acidificação do solo e formação de particulados na atmosfera, além de ser responsável pela poluição de águas devido à presença de nitratos e agentes patogênicos (FANGUEIRO et al., 2014). Dentre esses gases, a emissão de metano é a de maior quantidade e também de maior poder de aquecimento da atmosfera, visto ter este gás, um potencial de aquecimento 21 vezes superior ao gás CO₂.

Concomitante à necessidade de medidas de mitigação de GEE, e retirada de potenciais poluentes do meio ambiente, o processo de modernização da produção agropecuária, nos últimos anos, provocou grande demanda de insumos energéticos. O uso da energia elétrica proporciona o melhoramento dos processos produtivos, responsável por agregar valores aos produtos finais e suprir a demanda advinda do aumento da procura por produtos de origem animal (OLIVEIRA; SIMON, 2012). Dessa forma, a produção de energia elétrica, por meio da tecnologia do biogás, é uma alternativa viável, renovável e com potencial para a descentralização de produção, visto que apresenta o potencial de microgeração de energia (ABREU, 2014).

Porém, há que se destacar o problema da pecuária bovina brasileira ser composta, em sua maior parte, por produtores de pequeno porte, o que pode inviabilizar a produção de biogás, por ser o investimento inicial alto em relação aos grandes produtores, sendo

necessários estudos que tornem os sistemas de produção e utilização do biogás viáveis economicamente (CERVI et al., 2009).

O efetivo de bovinos por mesorregião do estado do Rio Grande do Sul, que também possui um efetivo significativo do território nacional (6,5%), mostra que os produtores que possuem até 10 animais confinados são os mais representativos da região (26%) seguidos por produtores que detêm de 10 a 49 (14%) e de 50 a 100 animais (2,2%). As propriedades com mais de 100 animais representam 9,3% do rebanho (GIOVANINI et al., 2013).

Segundo Cervi (2009), a dependência do setor agropecuário, principalmente no que diz respeito ao óleo diesel, lenha e eletricidade, a qualquer variação nos preços, tem reflexos imediatos nos custos de produção e na formação do preço final dos produtos do setor. O consumo de energia e os padrões atuais de produção são baseados nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes, gases de efeito estufa e coloca em risco o suprimento energético de longo prazo no planeta. Esses padrões podem mudar com o estímulo ao uso de energias renováveis. Nesse sentido, o Brasil apresenta uma condição favorável em relação ao resto do mundo.

Este trabalho visa estimar o potencial de produção de metano por meio de sistemas de tratamento de dejetos. O foco de análise está em comparar a emissão de determinada quantidade de dejetos em processo de compostagem e verificar o potencial de produção de biogás dessa mesma quantidade. O que se pretende é estabelecer uma discussão acerca de um parâmetro de referência que indique a ordem de grandeza das reduções das taxas de emissões de metano, direcionadas ao ambiente, promovidas pela biodigestão anaeróbia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2007), a taxa de emissão anual de metano (CH₄) para cada tipo de animal, numa região climática específica (i), é a soma das emissões anuais de cada sistema de tratamento de dejetos (j) presente no território analisado, para o desenvolvimento de inventários, representado pela equação abaixo:

$$CH_4^i = \sum_j B_0^i \cdot SV_i \cdot N \cdot US_{ij} \cdot FCM_j$$

Em que CH₄- Emissão de metano (m³/ano); Bo- Biodegradabilidade do dejetos (m³ de CH₄/kg de sólidos voláteis); FCM- Fator de conversão de metano (%); US- Uso do sistema de

tratamento de dejetos (%); SV- Média de Sólidos voláteis produzidos anualmente (kgsv/ano.animal); N- número de animais.

Para este trabalho, o cálculo será feito em escala reduzida ($i=1$), analisando o potencial de emissão dos sistemas de tratamento de dejetos de uma propriedade fictícia, mas que seja representativa quanto ao sistema de confinamento, ao número de animais, e ao tipo de tratamento de dejetos que ocorrem com frequência no território brasileiro. Serão analisados os sistemas de tratamento de dejetos para os sistema de produção de gado bovino leiteiro e de corte.

Seguindo a equação para ao cálculo da quantidade de metano emitido por ano, em m^3 , as variáveis dependentes são adotadas segundo a região do planeta em que se encontra a propriedade, a aptidão dos animais de criação (gado de leite ou corte) e ao tipo de sistema de tratamento de dejetos.

A abordagem Tier-1, preconizada pelo IPCC, requer estimativas específicas para as diferentes regiões do planeta em termos das variáveis requeridas pela equação.

A biodegradabilidade (B_o) dos dejetos está relacionada a capacidade desta biomassa ser utilizada como substrato por microrganismos e geralmente é aferida por meio de características específicas dadas por Demanda Química de Oxigênio (DQO) e presença de compostos orgânicos refratários, pH, alcalinidade, nutrientes inorgânicos, temperatura e possível presença de compostos potencialmente tóxicos (MORAES; PAULA JÚNIOR, 2004).

Para a América Latina, o IPCC (2007) estima que a biodegradabilidade do dejetos (B_o) apresenta os valores de $0,13 m^3 CH_4/ kg$ de sólidos voláteis para gado de leite e de $0,10 m^3 CH_4/kgsv$ para gado de corte.

O parâmetro FCM está relacionado ao potencial de conversão de metano em um sistema de tratamento de dejetos específico ou mesmo a simples disposição dos dejetos em ambiente aberto. Para cada sistema, há um fator estimado com base em pesquisas e modelos específicos. Para regiões de clima quente, como a América Latina, é determinado que os valores de cada tipo de tratamento e disposição de dejetos assume um valor específico, considerando ainda o tempo de armazenamento (Tabela 1) (IPCC, 2007).

Tabela 1- Fator de conversão de metano (FCM) para diferentes sistemas de tratamento de dejetos e suas definições (IPCC, 2007)

Sistema de armazenamento	FCM (%)	Características (disposição dos dejetos)
Lagoa	90	Dispostos de forma líquida em lagoa anaeróbia, utilidade para a irrigação e fertilização do solo, tempo de retenção superior a 30 dias.
Líquido/lodo	65	Reservados em tanques, tempo de armazenamento \geq 6 meses
Biodigestor	10	Reservados em sistema fechado para fermentação anaeróbia, produzindo biogás e biofertilizantes.
Queima para aquecimento	10	Disposto para secagem e utilizado para queima para a produção de calor.
Confinamento	5	Coletados e disposto para secagem, aplicado ao solo periodicamente.
Armazenamento sólido	2	Coletados na forma sólida e armazenado por longo período de tempo.
Pasto	2	Em sistemas de pastejo, sem tratamento ou retirada do local.
Propagação diária	1	Recolhido na forma sólida e disposto no solo regularmente.

O uso do sistema de gerenciamento de dejetos (US) está relacionado com a parcela do tempo de uso do sistema ao longo de um ano. Para este trabalho, pressupõe-se que os tratamentos em consideração (Tabela 1) sejam de uso contínuo. Uma propriedade que apresenta sistema contínuo de tratamento ao longo do ano apresenta valor 1(100%), o que será adotado como referência para este trabalho.

A quantidade média de sólidos voláteis totais (SV) produzidos por ano, por animal é a porção do resíduo filtrável e não filtrável de matéria orgânica degradável dos dejetos. As quantidades médias de SV para gado de leite e de corte são estimadas, respectivamente como 2,9 e 2,5 kgsv/animal.dia (IPCC, 2007).

Por possuir um contingente representativo de proprietários com até dez animais em sistema de produção, o número adotado para o cálculo das emissões em cada sistema de tratamento de dejetos será de 10 animais (GIOVANINI et al., 2013), para auxiliar na estimativa mínima de produção de metano por sistema de tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o cálculo da emissão de metano anual, foram considerados os sistemas de criação de gado de leite e de gado de corte.

Os resultados, utilizando o modelo indicado (IPCC, 2007), são mostrados na Tabela 2. As lagoas anaeróbias e tanques para retenção de líquido/lodo, que utilizam tempos de armazenamento de 30 dias e períodos de até 6 meses respectivamente, apresentam as maiores taxas de produção de metano. Isso se deve ao favorecimento do processo de biodigestão anaeróbia, que promove a transformação da biomassa presente no sistema de retenção, em metano, além de outros gases, e resíduos como biofertilizantes (SILVA; ROSTON, 2010).

Tabela 2 – Estimativa de produção anual de metano para 10 animais em diferentes sistemas de tratamento de dejetos utilizando o modelo Tier-1 (IPCC, 2007)

Sistemas de tratamento	CH ₄ (m ³ /ano)	
	Gado de leite	Gado de corte
Lagoa	339,3	225,0
Líquido/lodo	245,1	162,5
Biodigestor	37,7*	25,0*
Queima para aquecimento	37,7*	25,0*
Confinamento	18,9	12,5
Armazenamento sólido	7,5	5,0
Pasto	7,5	5,0
Propagação diária	3,8	2,5

*Quantidade de metano não liberada diretamente para o meio ambiente

Verifica-se que a disposição direta dos dejetos no solo, e mesmo a não retirada desses do sistema de pastejo, geram quantidades menores de metano, comparadas com qualquer sistema de tratamento de dejetos (Tabela 2). A vantagem em adotar os sistemas de armazenamento e tratamento de dejetos está relacionado não somente a maior produção de metano, que poderá ser utilizado como combustível, mas principalmente pela retirada dos materiais em decomposição do solo e agentes patogênicos.

O armazenamento de dejetos, desde que adequado, é uma forma eficiente de mitigação de GEE e possível produção de energia e biofertilizante, sendo que este último pode ser aplicado ao solo sem provocar problemas à saúde humana e à animal e sem prejuízos ao meio ambiente (ORRICO JÚNIOR et al., 2010).

Os biodigestores e o processo de secagem de dejetos para a queima e consequente produção de energia térmica apresentam taxas semelhantes de emissão, segundo o modelo utilizado (Tabela 2), porém o gás não é direcionado à atmosfera, pois pode ser utilizado diretamente como combustível. Em processos industriais, onde há emissão de metano, este gás é queimado em *flaires*, para minimizar o poder de aquecimento na atmosfera, pois neste processo, o metano é transformado em água e dióxido de carbono, sendo este último de menor impacto ao ser comparado ao metano (MARCHEZI, 2009).

No sistema de confinamento, ainda em relação aos resultados presentes na Tabela 2, os dejetos são coletados e disposto para secagem e aplicado ao solo periodicamente, a taxa é de 18,9 m³/ano, inferior aos tratamentos que utilizam de tempos entre 30 ou mais dias de armazenamento. Os demais sistemas de tratamento de dejetos ou disposição destes no ambiente representam uma diminuição de até 99% do metano produzido pelas lagoas anaeróbias, conforme indicam os resultados.

O fato a ser considerado é que estes tratamentos apresentam taxas de emissão diferentes, sendo o produto final comum o biofertilizante. Porém há que se ressaltar a diferença que existe também em termos de propriedades químicas constituintes. Pesquisas indicam a eficácia do uso de biofertilizantes de dejetos bovinos na produção agrícola, sua aplicação pode ser feita tanto no solo, estimulando a produção de raízes, quanto via foliar, o que favorece o desenvolvimento vegetativo das culturas (GALBIATTI et al., 2011).

Apesar das lagoas e sistemas líquido/lodo apresentarem maiores potenciais de produção de metano, o armazenamento não é comum, sendo o gás eliminado diretamente para atmosfera, diferente do controle que existe em sistemas fechados como biorreatores que produzem e direcionam o gás para um sistema de armazenamento, e seu uso poderá ser direcionado para combustão, uso veicular ou energia elétrica (ORRINO JÚNIOR et al., 2010). Sendo assim, as lagoas de biodigestão anaeróbica são as fontes de maior produção de metano, as quais equipadas com sistemas de armazenamento, poderiam vir a ser fontes para a produção de energia elétrica via combustão do metano, seguidas pelos biodigestores, segundo os resultados obtidos.

Segundo Santos e Nardi Junior (2013), o biodigestor pode atender as exigências de tratamento dos dejetos, reduzindo em grande parcela os possíveis impactos ambientais sobre o solo, água e ar da região. A produção do biogás e do biofertilizante pelo sistema de biodigestão agrega valor à propriedade rural, seja pelo fator financeiro, como pela integração às mais variadas atividades que se desenvolvem no meio rural, trazendo geração de energia renovável, reciclagem de nutrientes para as plantas e saneamento ambiental.

Conforme os dados do Balanço Energético Nacional de 2015, ano base de 2014, a indústria de energia no Brasil se destaca como importante setor da infra-estrutura econômica e responde pelo abastecimento de 81,15% do consumo nacional, os 18,85% restantes são importados, principalmente nas formas de carvão mineral e derivados de petróleo.

Coldebella (2006) constatou que são necessários R\$ 120.000 para a implantação de um biodigestor e grupo gerador de energia elétrica com capacidade de geração de potência elétrica de 36 kWh, para uma propriedade com 1.000 porcas reprodutoras em criação de leitões. Também relatou que são produzidos 933m³ de biogás, diariamente. O autor destaca que o custo do m³ de biogás produzido na propriedade está diretamente relacionado com a capacidade de produção em função do investimento necessário, sendo que o custo, apresentado pelo autor, foi de R\$ 0,063 por m³ de biogás produzido, e conclui que, considerando a tarifa de energia elétrica de R\$0,30 kWh, o retorno do investimento seria de 2,7 anos, quando há utilização simultânea do motor-gerador de energia elétrica durante 10 horas por dia, e da moto-bomba durante 12 horas por dia para aplicação do biofertilizante em pastagens. A pesquisa também indica que uma produção de 85m³ de biofertilizante por dia produz 78 toneladas de nitrogênio por ano, o que resulta uma economia de R\$ 70.200,00 ao ano.

Dessa forma, além da possibilidade da microgeração de energia, a tecnologia do biogás possui o apelo de constituir-se em um processo de mitigação de GEE, visto que retira resíduos gasosos, oriundos de processos de degradação da matéria orgânica, dispostos no meio ambiente, e ainda pode vir a estimular as políticas públicas em revisar as estratégias de mecanismos de desenvolvimento limpo (PAIVA et al., 2015).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente artigo, buscou-se identificar, por meio de um modelo preconizado pelo IPCC, as vantagens em utilizar a tecnologia do biogás como processo de mitigação do principal gás de efeito estufa, o metano, produzido por meio de sistemas de tratamento de dejetos da bovinocultura.

O Brasil apresenta o maior rebanho comercial bovino do mundo com grande capacidade de geração de energia por meio da produção de biogás, cujo processo, a biodigestão anaeróbia, também produz o biofertilizante. Essa capacidade é de extrema importância considerando a situação mundial, relacionada à crise de combustíveis fósseis e a grande preocupação com o meio ambiente.

A produção de energia por meio do biogás agrega valor às propriedades e colabora com os custos de produção na mesma. A utilização do biofertilizante diminui o índice de verminoses nas pastagens pois, durante o processo de fermentação, esses parasitas são eliminados devido às altas temperaturas alcançadas durante o processo e com isso promove a melhoria da higiene das pastagens e o solo.

Desse modo, os benefícios do uso da tecnologia do biogás estão relacionados à mitigação do principal gás de efeito estufa, à fertilização adequada do solo e ainda à possibilidade de geração de energia e sustentabilidade energética da propriedade. Espera-se que informações como estas sejam direcionada à elaboração de projetos de sistemas sustentáveis de produção para auxiliar proprietários rurais, apoiados por planos de incentivo ao mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e por instituições de ensino, pesquisa e extensão.

REFERÊNCIAS

ABREU, F.V. *Biogás: Economia, Regulação e Sustentabilidade*. 1ª. Ed., São Paulo: Editora Interciência, 2014, 192p.

CERVI, R.G. *Avaliação Econômica Do Aproveitamento Do Biogás E Biofertilizante Produzido Por Biodigestão Anaeróbia: Estudo De Caso Em Unidade Biointegrada*. Dissertação. 2009. 57 f. (Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

COLDEBELLA, A. *Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais*. Dissertação. 2006. 73 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola / Engenharia de Sistemas Agroindustriais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

FANGUEIRO, D.; SURGY, S.; NAPIER, V.; MENAIA, J.; VASCONCELOS, E.; COUTINHO, J. Impact of slurry management strategies on potential leaching of nutrients and pathogens in a sandy soil amended with cattle slurry. **Journal of environmental management**, v. 146, p. 198-205, 2014.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION: *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome, Italy, 2006.

GALBIATTI, J.A.; SILVA, F.; FRANCO, C.F.; CAMELO, A.D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.1, p.167-177, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v31n1/v31n1a17.pdf>>. Acesso em: maio, 2016.

GIOVANINI, A.; FREITAS, C. A.; CORONEL, D. A. Análise da quantidade de produzida de CO₂ pela bovinocultura no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.10, p.1918-1923, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>/ Acesso em: dezembro. 2015.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL FOR CLIMA CHANGE). *Climate change 2007: the physical science basis*. Cambridge, 2007. 80 p

MAPA-Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento - Brasil – 2015 - <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos>.

MARCHEZI, R.S.M. (2009) Uso do mecanismo de desenvolvimento limpo: uma visão de negócios para projetos ambientais Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

MORAES, L.; PAULA JÚNIOR, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. *Engenharia Agrícola*, 24(2), 445-454, 2004.

OLIVEIRA, P. A.; SIMON, E. J. O Valor da Produção Agropecuária e o Consumo de Energia Elétrica Produtiva na Região de Botucatu. 2012. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/05O302.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v. 30, n. 3, p. 386-394, 2010.

PAIVA, D. S.; FERNANDEZ, L.G.; VENTURA, A. C.; ALVAREZ, G. ; ANDRADE, J.C.S. (2015). Mercado Voluntário de Carbono: Análises de Cobenefícios de Projetos Brasileiros. *Revista de Administração Contemporânea*, 19(1), 45-64. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-7849rac20151240>

SANTOS, E.L.B.; NARDI JUNIOR, G.. Produção de Biogás a partir de Dejetos de Origem Animal. *Tékhnē In Lógos*, v. 4, p. 80-90, 2013.

SILVA, E.M., ROSTON, D.M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.1, p.67-73, 2010. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a07v30n1>>. Acesso em: abril, 2016.