

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS

PAULA GABRIELA RIPP

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DIFERENTES SISTEMAS DE
CRIAÇÃO DE BOVINOCULTURA DE LEITE**

MONOGRAFIA

MEDIANEIRA

2019

PAULA GABRIELA RIPP

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DIFERENTES SISTEMAS DE
CRIAÇÃO DE BOVINOCULTURA DE LEITE**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Edwiges.

MEDIANEIRA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás



TERMO DE APROVAÇÃO

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DIFERENTES SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE BOVINOCULTURA DE LEITE

por

PAULA GABRIELA RIPP

Esta Monografia foi apresentada em 04 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dr. Thiago Edwiges
Prof. Orientador

Ma. Simoni Spohr Venzon
Membro titular

Felipe Souza Marques
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

RIPP, Paula Gabriela. **Produção de biogás a partir de diferentes sistemas de criação de bovinocultura de leite**. 2019. 25. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

Os resíduos gerados no setor da pecuária vêm crescendo anualmente devido as mudanças e modernização dos sistemas de criação utilizados, possibilitando grandes rebanhos em pequenos espaços, tendo em vista que o estado do Paraná é o segundo maior produtor de leite do país (IPEA, 2012; EMBRAPA, 2018). Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi identificar entre os sistemas de bovinocultura de leite no método de confinamento (Free Stall e Compost Barn) e semiconfinamento, qual possui maior potencial para produção de biogás, realizando a manipulação (separação de fases) das amostras sistema Compost Barn, afim de identificar diferentes rendimentos de biogás e metano. Além da caracterização físico química de cada sistema, foi utilizado o método do Potencial Bioquímico de Metano (PBM) para quantificar a produção do biogás e a cromatografia gasosa para caracterizar o gás produzido. Dentre os sistemas tradicionais estudados, o sistema de Semiconfinamento apresentou o melhor resultado quanto a produção do gás metano, alcançando um BMP de 267,00 LN CH₄ kg SV-1, seguido do sistema Free Stall (208,00 LN CH₄ kg SV-1) e por fim o Compost Barn (110,00 LN CH₄ kg SV-1). Ainda, a separação de fases realizadas nesse último sistema citado, não apresentou resultados positivos e viáveis para serem empregados em uma planta de biogás escala real.

Palavras-chave: Bovinocultura de leite. Metano. Separação de fases.

ABSTRACT

RIPP, Paula Gabriela. **Biogas Production in Milk Bovine Farming Systems**. 2019. 25. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

Waste generated in livestock sector has been growing annually due to the breeding systems changes and modernization, allowing large herds to be kept in small areas, considering that Paraná is the second state with the largest milk production in Brazil (IPEA, 2012; EMBRAPA, 2018). Thus, this study had as objective to identify which milk cattle regime has the highest potential for biogas production: confinement (Free Stall and Compost Barn) or semiconfinement, performing the manipulation (phase separation) of the Compost Barn samples in order to identify different yields of biogas and methane. In addition to the chemical characterization of each regime, the Biochemical Methane Potential (BMP) method was used to quantify biogas yield, and gas chromatography to characterize the gas produced. Among the traditional systems studied, the Semiconfinamento system presented the best result for methane gas production, reaching a BMP of 267.00 LN CH₄ kg SV-1, followed by the Free Stall system (208,00 LN CH₄ kg SV-1) and finally Compost Barn (110,00 LN CH₄ kg SV-1). Also, the separation of phases performed in this last mentioned system, did not present positive and viable results to be employed in a real scale biogas plant.

Keywords: Milk bovine farmin. Methane. Phase separation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Separação de fases do substrato Compost Barn.....	11
Figura 2 - Sistema Compost Barn 2a; Free Stall 2b; Semiconfinamento 2c.....	14
Figura 3 - Produção diária de metano.....	17
Figure 4 - Produção acumulada de metano.....	18
Figure 5 - Relação da produção de metano.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização físico-química aplicada nos substratos.....	10
Tabela 2 - Total de amostras a serem analisadas.....	11
Tabela 3 - Caracterização dos empreendimentos.	13
Tabela 4 - Dados parciais da caracterização dos dejetos.....	14
Tabela 5 - Composição macromolecular e DQO presente nas amostras.....	16
Tabela 6 - Concentração de metano.	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 CARACTERIZAÇÃO DESCRITIVA DO LOCAL.....	10
2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS DEJETOS	10
2.3 POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM).....	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
3.1 CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS LOCAL	13
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DOS DEJETOS	14
3.3 POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM).....	17
4 CONCLUSÕES.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento de resíduos sólidos vem sendo inserido com maior prioridade nas políticas públicas ambientais de diversos países, devido a direta ligação entre os resíduos com problemas ambientais e problemas na saúde humana (EL-DEIR, 2014). No Brasil, por exemplo, foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no ano de 2010, está objetivou a busca em gerenciar adequadamente os resíduos sólidos através de instrumentos, diretrizes, metas e ações, atribuído responsabilidade aos agentes envolvidos (BRASIL, 2012).

Segundo a PNRS, os resíduos orgânicos representam mais de cinquenta por cento dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, sendo que somados com orgânicos proveniente da atividade agrossilvopastoris e industriais há uma geração de 800 milhões de toneladas ao ano (MMA, 2012).

Tendo em vista, que os resíduos gerados no setor da pecuária vêm crescendo anualmente devido as mudanças e modernização dos sistemas de criação utilizados, possibilitando grandes rebanhos em pequenos espaços (IPEA, 2012).

Neste mesmo sentido, no ano de 2014 foi criado a Aliança Láctea Sul Brasileira, esta aliança teve como finalidade fortalecer e consolidar a cadeia produtiva do leite nos três estados da região sul, com a expectativa de produção aumentar 77% em 10 anos (MEZZADRI, 2017). Ainda, em estudo desenvolvido no ano de 2018 a Embrapa aponta o estado do Paraná como segundo maior produtor de leite, com a cidade de Castro (PR) possuindo a maior média em produtividade leiteira do país, ultrapassando a média nacional de países especializados como Argentina, Uruguai e Nova Zelândia (EMBRAPA, 2018).

Deste modo, o rebanho de bovinocultura se destaca por ser é o terceiro maior do país, sendo que o gado leiteiro é o segundo maior gerador de dejetos em todas as regiões brasileiras (IPEA, 2012).

No entanto, com auxílio de pesquisas científicas e técnicas, atualmente vem sendo empregada a conciliação entre o aumento na produção de rebanhos e redução na mesma medida de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), conseguindo ainda gerar economia as propriedades (BERALDI, 2018).

A digestão anaeróbia (DA) é exemplo de processo natural de degradação que ocorre pela ação de microrganismos em ambientes com ausência de oxigênio, transformando a matéria orgânica em biogás, que por sua vez possui em sua composição um elemento combustível: o gás metano (DALMO et al., 2018).

O esterco bovino é rico em matéria orgânica, sendo uma grande fonte para produzir biogás, no entanto, por sua composição possuir material lignocelulósico pode acarretar na inibição dessa produção. Por esse motivo, uso de processos preliminares como os separadores mecânicos ou telas (separação sólido-líquido), bem como os pré-tratamentos térmico, químico ou termoquímico, são métodos que vem sendo empregados melhorando a produção de biogás (SUTARYO; WARD; MOLLER, 2013, ARELLI et al., 2018).

Desta forma, o principal fator motivador deste trabalho foi identificar o sistema de criação de bovinocultura leiteira que possui o maior potencial para produção de biogás, utilizado método do Potencial Bioquímico de Metano (PBM) para quantificar a produção do biogás e a cromatografia gasosa para caracterizar o gás produzido. Ainda, foi realizado a separação de fases em um dos sistemas tradicionais, a fim de identificar nas frações diferentes rendimentos de produção de metano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em três propriedades rurais das quais possuem como atividade a bovinocultura leiteira. Os dejetos que foram coletados nestas unidades produtoras, são dejetos proveniente de três diferentes modelos de criação, sendo dois pertencentes ao sistema de confinamento (Compost Barn e o Free Stall) e um ao semiconfinamento.

Estas unidades rurais são pertencentes aos municípios da região oeste do Paraná, sendo duas unidades no município de Santa Helena e uma unidade em Entre Rios do Oeste. As análises laboratoriais foram todas realizadas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR no Campus de Medianeira –PR.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DESCRITIVA DO LOCAL

Inicialmente foi realizado a caracterização do local com visitas in loco, registros fotográficos e aplicação de um pequeno questionário aos donos proprietários das unidades, levantando as seguintes informações: número de animais, raça do bovino, dieta, manejo dos dejetos e detalhamento da infraestrutura do sistema

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS DEJETOS

Após a caracterização local e a coleta dos dejetos em cada unidade, a segunda etapa da pesquisa foi realizar a caracterização físico-química das amostras, estas foram analisados conforme parâmetros demonstrados na Tabela 1:

Tabela 1 - Caracterização físico-química aplicada nos substratos

Parâmetro	Método	Referência
Sólidos totais	Estufa a 105 °C	APHA (2005)
Sólidos voláteis	Mufla a 550 °C	APHA (2005)
pH	4500 H ⁺	APHA (2005)
Lípido	Extração Soxhlet	Cecchi (1999)
Proteína	Estimativa por NTK	FAO (2002)
DQO	Digestão a 150 °C e leitura em espectrofotômetro	APHA (2012)

Fonte: Autoria própria.

2.3 POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM)

Nesta etapa foram analisadas sete amostras, pois foi efetuado a manipulação dos dejetos oriundos do sistema Compost Barn, ou seja, este foi dividido em fases conforme a metodologia de Amaral et al. (2015) devido ao seu teor de sólidos que é maior que a digestão anaeróbica permite, tendo em vista que cada frações podem vir apresentar diferentes rendimentos metano.

Assim, para obter as fases foi necessário primeiramente adicionar na amostra de dejetos água destilada, realizando a agitação para homogeneização e posterior o peneiramento. Na sequência o mesmo foi adicionado em um cone imhoff para que ocorresse a separação de fases (sobrenadante e decantado), conforme pode ser analisado na Figura 1.

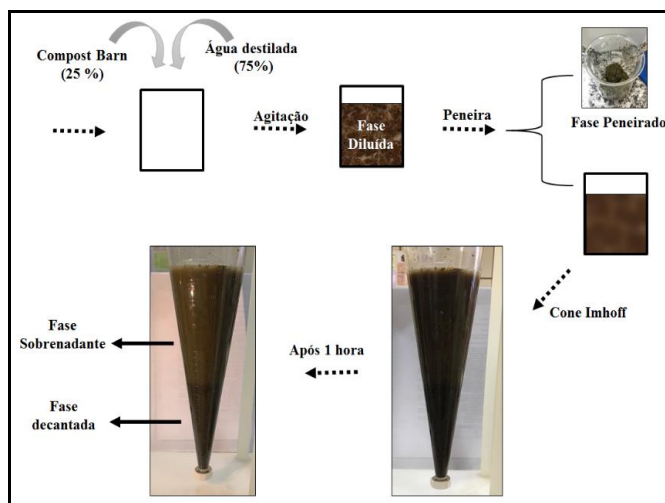


Figura 1 - Separação de fases do substrato Compost Barn.
Fonte: Autoria própria.

Assim, obteve-se além do dejetos bruto e diluído, as três fases do sistema Compost Barn: peneirada, decantada e sobrenadante. As sete amostras analisadas foram (Tabela 2):

Tabela 2 - Total de amostras a serem analisadas	
Amostras	Fases
	Compost Barn bruto (CBB)
	Compost Barn diluído (CBD)
Sistema Compost Barn	Compost Barn diluído peneirado (CBDP)
	Compost Barn diluído sobrenadante (CBDS)
	Compost Barn diluído decantado (CBDD)
Sistema Free Stall	Dejetos bruto (SFS)
Sistema Semi Confinado	Dejetos bruto (SSC)

Fonte: Autoria própria

Para a determinação do Potencial Bioquímico de Metano (PBM) das sete amostras, foi realizada a digestão anaeróbia em batelada distintas, adotando as condições estabelecidas pela norma VDI 4630 e utilizado frascos de 250 mL. O monitoramento do sistema foi realizado a partir do registro diário da produção de biogás, pressão atmosférica e temperatura ambiente e mantido até que o incremento do volume diário de biogás fosse inferior a 1% do volume acumulado (VDI 4630, 2006).

Os volumes gerados de biogás foram expressos e L_N kg SV^{-1} e padronizados conforme as condições normais de temperatura e pressão, e o inóculo utilizado foi mesmo do estudo apresentado por Edwiges *et al.* (2018). Tendo em vista que, a composição do biogás foi determinada por cromatografia gasosa (ASTM D1945-14, 2014) em cromatógrafo (Perkin Elmer –Clarus 680) com Detector de Condutividade Térmica (TCD), coluna empacotada Plot Q, com 30 m de comprimento e diâmetro interno de 0,32 mm, utilizando hélio como gás de arraste com fluxo de 30 mL min^{-1} . A rampa de temperatura do forno foi programada para aumentar de 32 a 1000 °C com taxa de 200 °C min^{-1} e tempo de espera final de 2 min.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS DESCRITIVAS LOCAL

Os primeiros resultados a campo obtidos mediante os três sistemas de tratamento, estão expressos na Tabela 3:

Tabela 3 - Caracterização dos empreendimentos.

Caracterização	Sistema de confinamento		Sistema de semiconfinamento
	Compost Barn	Free Stall	
Número de animais	72	50	44
Raça do bovino	(X) Holandês () Jerse () Mestiça (cruzada)	(X) Holandês () Jerse () Mestiça (cruzada)	(X) Holandês () Jerse () Mestiça (cruzada)
Dieta	(X) Ração () Pastagem (X) Silagem (X) Sal Mineral	(X) Ração () Pastagem (X) Silagem (X) Sal Mineral	(X) Ração (X) Pastagem (X) Silagem (X) Sal Mineral
Manejo dos dejetos	(X) Diário () Semanal () Mensal Vezes: UMA	(X) Diário () Semanal () Mensal Vezes: DUAS	(X) Diário () Semanal () Mensal Vezes: UMA
Infraestrutura do sistema	Pré-moldado; Ventilação; Cama de maravalha; Aspersão na pista de alimentação	Pré-moldado; Ventilação; Cama de borracha; Aspersão na pista de alimentação;	Pré-moldado; Sem ventilação; Pastagem; Sem aspersão;

Fonte: Autoria própria.

Embora os sistemas de criação são distintos, nota-se semelhanças entre os mesmos. A raça de bovino predominante nos três sistemas foi a Holandesa, isto pelo fato da raça possuir uma grande capacidade de produção de leite, o que a torna uma das principais escolhas em diversas regiões do Brasil (EMBRAPA, 2018). Ainda, os sistemas realizam o manejo de dejetos diariamente e possuem também a mesma dieta base. O registro fotográfico realizado no dia da coleta das amostras em cada propriedade rural, pode ser analisado na Figura 2.



Figura 2 - Sistema Compost Barn 2a; Free Stall 2b; Semiconfinamento 2c.
Fonte: Autoria própria.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DOS DEJETOS

Os primeiros resultados obtidos quanto a caracterização físico-química dos dejetos em estudo foi em relação a concentração de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), e ainda os resultados quanto a faixa do potencial Hidrogeniônico (pH), podendo ser analisado todos na Tabela 4:

Tabela 4 - Dados parciais da caracterização dos dejetos.

Substrato	Concentrações		
	ST %	SV %	pH
Inóculo	2,33	1,43	8,6
Celulose microscritalina	96,05	95,95	9,0
Compost Barn Bruto (CBB)	31,29	24,21	9,07
Compost Barn Diluído (CBD)	4,04	2,99	8,61
Compost Barn Diluído Peneirado (CBDP)	19,89	16,21	8,86
Compost Barn Diluído Sobrenadante (CBDS)	1,33	0,85	8,20

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Dados parciais da caracterização dos dejetos.

Substrato	Concentrações		pH
	ST %	SV %	
Compost Barn Diluído Decantado (CBDD)	5,04	3,63	8,76
Semiconfinamento Bruto (SCB)	12,34	9,22	7,10
Free Stall Bruto (FSB)	9,82	8,59	7,70

Fonte: Autoria própria.

Segundo Chernicharo (2007) a faixa ótima de pH para o crescimento dos organismos produtores de metano é de 6,6 a 7,4, podendo operar com estabilidade na faixa de 6,0 a 8,0, não afetando assim a atividade enzimática dos microrganismos (CHERNICHARO, 2007). O pH das amostras encontrado dentro desta faixa foi no SCB (7,10) e FSB (7,70). Em outros estudos como de Bah et al. (2014), também alcançaram a melhor resposta quanto o alto rendimento de produção de metano na faixa de pH de 6,8 a 7 (BAH et al., 2014).

As amostras de dejetos oriundo do sistema Compost Barn, tanto da forma bruta quanto nas fases, apresentaram pH variando de 8,20 a 9,07, fator limitante para o processo de biodigestão anaeróbia, pois pode causar inibição nos microrganismos, prejudicando as reações (PAINI, 2017). Um possível motivo por este sistema apresentar estas faixas de pH, é a própria forma de manejo dos dejetos. Neste sistema o esterco de bovino vai sofrendo decomposição no instante que é empregado na cama, e o pH é um indicador do grau de estabilização e maturação do material compostado, ou seja, quanto mais estabilizado o composto maior será o pH (PAIVA, et al., 2010).

Em relação aos sólidos, nota-se que as amostras de CBB e CBDD apresentaram as mais altas concentrações, seguido dos sistemas SCB e FSB. Valores semelhantes ao estudo realizado por Khayum, Anbarasu e Murugan (2018), onde a amostra de estrume de vaca fresco apresentou valores iguais ST 19,6% e SV 15,23%, e a mistura do estrume de vaca fresco com (80%) com resíduo de chá (30%), apresentando a ST 36,55% e SV 32,42 % próximas as amostras de CBB que apresenta em sua composição estrume mais maravalha e serragem (KHAYUM; ANBARASU; MURUGAN, 2018).

Os valores com baixa concentração de sólidos estão nas amostras diluídas do sistema CBD, CBDS e CBDD, apresentando concentração próximas ao estudo de Tampio et al. (2019) onde o dejetos de bovino coletado em um tanque com características de lodo líquido, foi igual a de 5,9% ST e 4,7 % VS (TAMPIO et. al., 2019).

Embora seja ideal utilizar uma biomassa com ST baixos, atualmente a digestão anaeróbica seca vem sendo bem atraente em comparação com a úmida, pois exige menor carga hidráulica do digestor devido à baixa energia de entrada necessária para aquecer e misturar, além de possuir maior produtividade volumétrica de metano (ARELLI, et al., 2018). Todavia, os resultados da composição macromolecular e da Demanda Química de Oxigênio – DQO das amostras em estudo, estão demonstrados na Tabela 5:

Tabela 6 - Composição macromolecular e DQO presente nas amostras

Amostras	Proteínas		Lipídeos	DQO
	m.u (%)	b.s. (%)	%	mg/L
Free Stall Bruto	1,9	21,9	1,2	n.d
Semiconfinamento Bruto	1,7	18,9	1,0	n.d
Compost Barn Bruto	5,0	20,5	1,2	n.d
Compost Barn Diluído	n.d	n.d	n.d	1.342,1
Compost Barn Diluído Decantado	n.d	n.d	n.d	1.578,5
Compost Barn Diluído Sobrenadante	n.d	n.d	n.d	613,4
Compost Barn Diluída Peneirado	n.d	n.d	n.d	n.d

n.d = não determinado; m.u = massa.úmida; b.s = base.seca.

Fonte: Autoria própria.

A porcentagem de lipídios e proteína presentes nos três sistemas foram basicamente a mesma, isto provavelmente se deve aos fatores em comum entre os sistemas: dieta e espécie animal. No estudo de Rico *et al.* (2007), a proteína em base seca encontrada no esterco de vaca leiteira foi 14,8% e o lipídeos 5,7%, próximos ao encontrando neste estudo (RICO *et al.*, 2007). A produção de metano é dependente da composição química dos compostos orgânicos (carboidratos, lipídios e proteínas), sendo possível estimar o potencial de produção ao identificar os teores destes compostos em um substrato (MOLLER; SOMMER; AHRING, 2004).

A Demanda Química de Oxigênio foi analisada nas três formas diluídas do sistema Compost Barn, onde o decantado apresentou maior concentração de DQO, chegando 1.578,5 mg/L, seguido da amostra do diluído e com concentração mais baixa o sobrenadante. No estudo feito por Silva e Roston (2010), a amostra de dejetos de bovino coletado na Lagoa

Anaeróbia apresentou resultados de DQO semelhantes a sobrenadante deste estudo, e a amostra do dejetto bruto apresentou DQO igual a 1.026 mg/L, próxima ao valor apresentado pela amostra de diluído e decantado (SILVA; ROSTON, 2010).

3. 3 POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM)

Os resultados quanto a produção de metano foi analisada ao longo de 20 dias, pois a relação entre a produção diária e acumulada atingiu um por cento neste vigésimo dia. Estes resultados estão expressos nas Figura 3 e Figura 4.

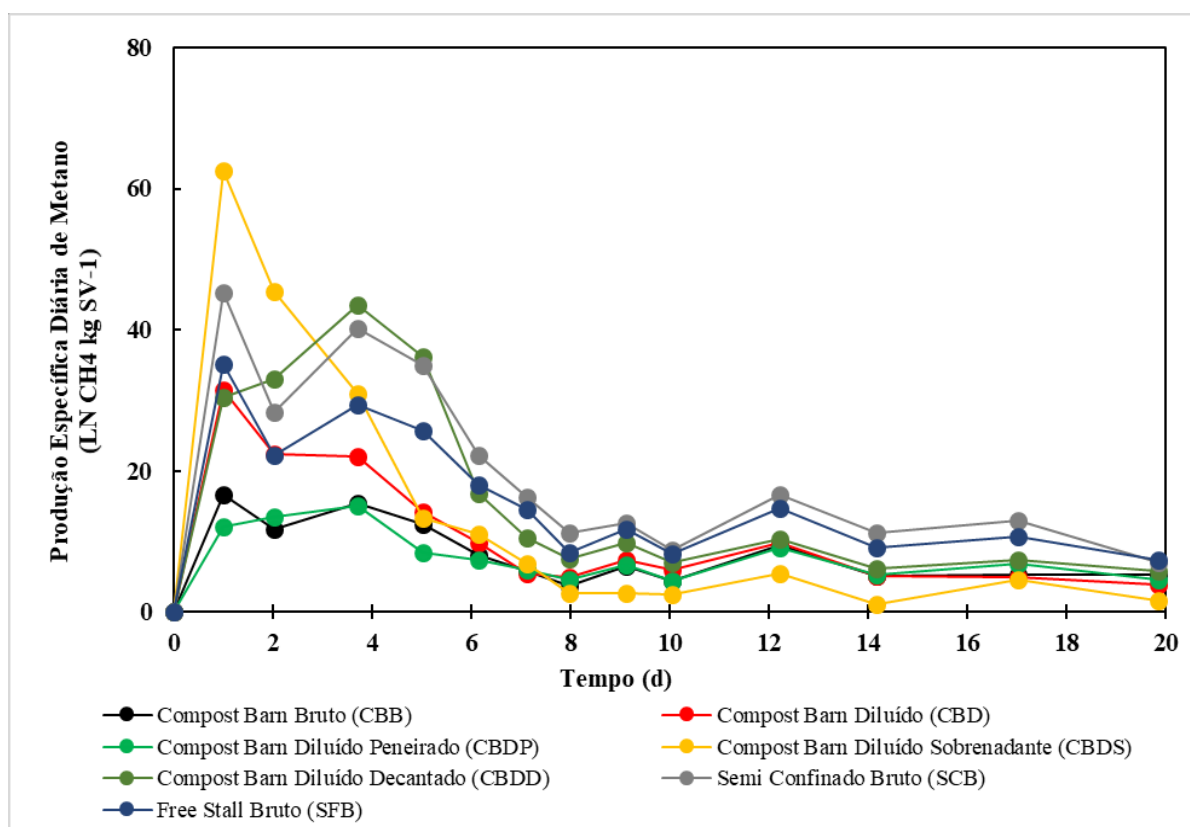


Figura 3 - Produção diária de metano.

Fonte: Autoria própria.

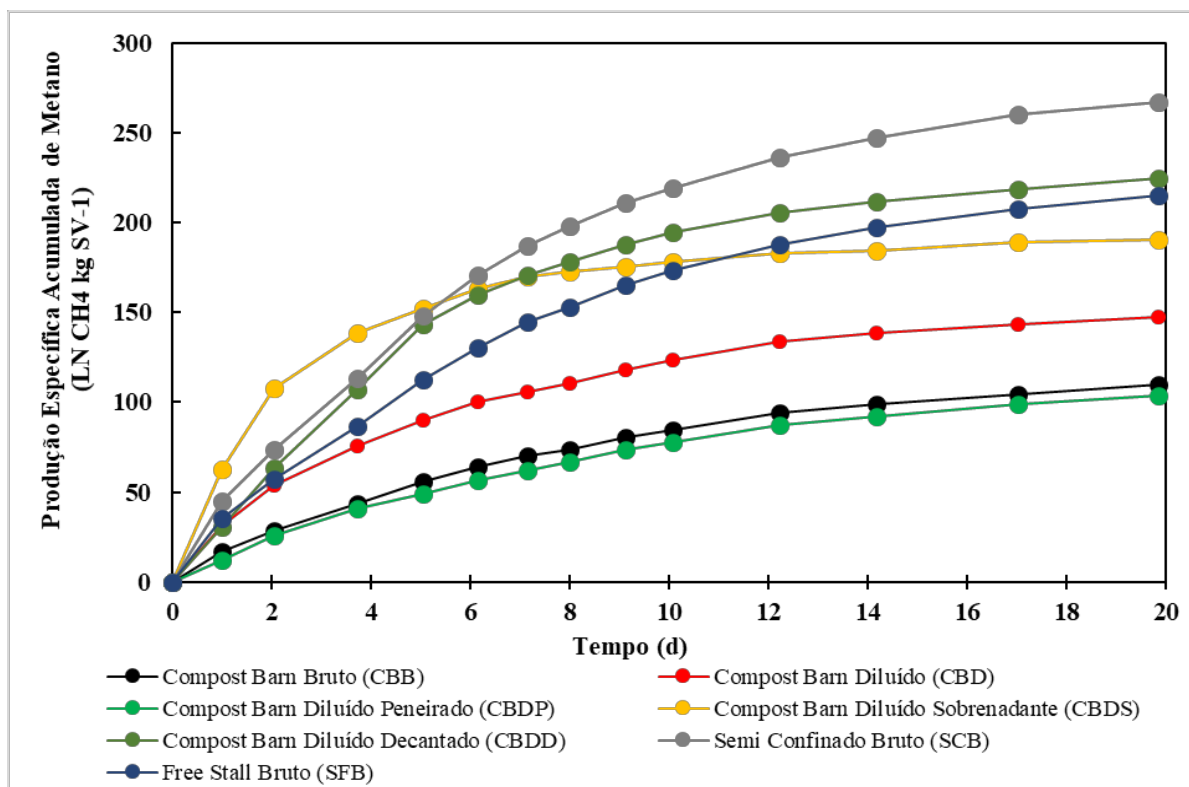


Figure 4 - Produção acumulada de metano.

Fonte: Autoria própria.

Para os três sistemas tradicionais avaliados na sua forma bruta, o Semiconfinamento foi o que apresentou a maior produção de metano, produzindo cerca de 267,00 LN CH₄ kg SV-1, seguido do sistema Free Stall (208,00 LN CH₄ kg SV-1) e por fim o Compost Barn (110,00 LN CH₄ kg SV-1). Além do semiconfinamento sobressair entre os sistemas tradicionais, o mesmo atingiu a maior produção em relação as demais amostras estudadas.

A composição do esterco bovino dos três métodos de criação é basicamente a mesma, isto devido dieta empregado a criação e a espécie animal. As fibras presentes na composição são elementos importantes para a produção de biogás, contudo, este material após a digestão gastrointestinal do animal, torna as fibras remanescentes mais lignificadas, mais resistentes a ataques fermentativos, diminuindo assim a produção de biogás (JUNQUEIRA, 2009).

Um possível motivo que ocasionou a baixa produção de metano no Compost Barn, se deve ao fato do material lignocelulósico que além de estar presente no esterco das vacas, constitui também a cama do sistema, por ser composta de maravalha e serragem. Para estes casos, é necessário que o dejetos receba um pré-tratamento antes de ser direcionado para a digestão anaeróbica, seja ele térmico, químico e/ou termoquímico, assim ocorrerá a quebra da

estrutura lignocelulósica aumentar a velocidade e a produção de biogás (ARELLI et al., 2018, BALA; GAUTAM; MONDAL, 2018).

Quanto a separação fases das amostras do sistema Compost Barn, as mesmas apresentaram no geral uma baixa produção de metano, com resultado significativo somente a fase “Diluído Decantado” e “Diluído Sobrenadante”, como podem ser analisados na Tabela 6:

Tabela 7 - Concentração de metano.

Amostra	Produção acumulada de metano (L _N CH ₄ / kg SV ⁻¹)	Desvio Padrão	Teor de CH ₄ %	Desvio Padrão
Compost Barn Bruto	96,7	11,4	62,2	0,7
Compost Barn Diluído	136,2	11,5	62,8	0,6
Compost Barn Diluído Peneirado	89,7	11,8	64,0	1,7
Compost Barn Diluído Sobrenadante	183,9	6,0	62,7	1,1
Compost Barn Diluído Decantado	208,4	14,1	70,6	0,9

Fonte: Autoria própria.

O uso de processos preliminares com separadores mecânicos ou telas, para realizar a separação sólido-líquido, também podem ser usados para melhorar a produção de biogás devido ao aumento de concentração de sólidos nos substratos (SUTARYO; WARD; MOLLER, 2013). E isto ocorreu na fase “Diluída Sobrenadante”, onde nos primeiros quatro dias foi a amostra que obteve a maior produção de metano, pois neste sobrenadante ha presença de sólidos solúveis e biodegradáveis, que proporciona essa elevada produção.

No entanto, ao realizar um contraste quanto a produção de metano em relação aos sólidos voláteis (SV) e em relação a matéria natural (MN), pode-se observar que a produção de metano diminui expressivamente em todas as fases (Figura 5).

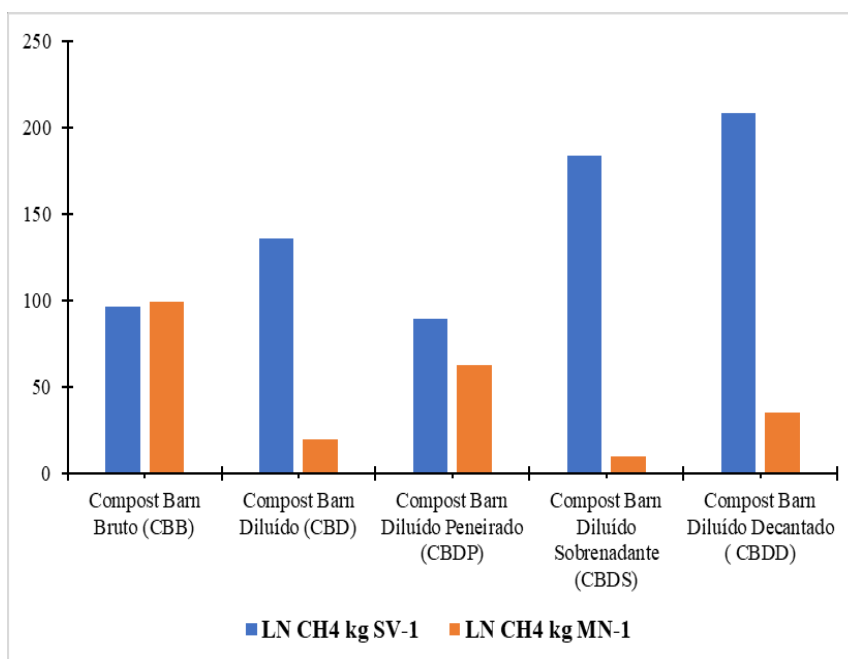


Figure 5 - Relação da produção de metano
Fonte: Autoria própria.

Como demonstra a Figura 5, ao observar agora a produção de metano na fase Diluída Sobrenadante em relação a matéria natural, a produção despencou, sendo praticamente nula, isto pelo fato do substrato apresentar basicamente água em sua composição avaliada, necessitando de muito mais matéria natural para equivaler a mesma produção metano em relação a sólidos voláteis.

Embora a separação de fases possa apresentar diferentes rendimento quanto a produção de biogás, realizá-la para este sistema de criação seria inviável pensando em uma planta de biogás em escala real, pois para chegar na separação de fases foi necessário diluir a amostra em uma proporção de 1:3. Esta alta diluição proporciona pouca quantidade de carbono, não garantindo rendimento constante de metano em um biodigestor, requerendo assim digestores maiores e com maior tempo de retenção hidráulica (HAMELIN, et al.; 2011)

Ainda, sugere-se a necessidade de realizar a análise da qualidade da fibra contida nos dejetos utilizados, uma vez que o bom comportamento quanto a produção de metano do Sistema Semiconfinamento e Free Stall pode ser atribuído a maior quantidade de fibras degradáveis e convertidas em biogás pelos microrganismos, diferente do que foi apresentado pelo sistema Compost Barn (JUNQUEIRA et. al., 2009).

4 CONCLUSÕES

A produção de biogás durante os vinte dias de análise utilizando dejetos oriundos de três diferentes sistemas de produção da atividade de bovinocultura de leite foi satisfatória, sendo que as amostras de dejetos em forma bruta apresentaram melhores resultados que a separação de fases. O sistema de semiconfinamento foi o método que sobressaiu tanto comparado aos outros dois sistemas tradicionais quanto comparado a separação de fases feitas no Compost Barn.

As faixas de pH ótima para organismos produtores de metano foram apresentadas pelos sistemas Semiconfinamento Bruto e Free Stall, 7,10 e 7,70 respectivamente. O sistema Compost Barn bruto e suas fases apresentaram elevados teores, possivelmente devido ao grau de estabilidade do composto. Quanto aos sólidos presentes nas amostras analisadas, o Compost Barn Bruto e Compost Barn Diluído Peneirado apresentaram altas concentrações, seguido do semiconfinamento e Free Stall.

A composição química dos compostos orgânicos (lipídios e proteínas) analisadas foram bem semelhantes entre os sistemas em estudo, possivelmente por ser tratar da mesma espécie animal e receberam uma mesma dieta alimentar. Já a DQO analisada somente nas fases de separação do Sistema Compost Barn, a menor concentração foi apresentada pela fase diluída sobrenadante e maior apresentada pela diluída decantada.

Portanto, o método semiconfinamento apresentou os melhores resultados quanto a produção de metano, seguido do Sistema Free Stall, e por fim o Compost Barn. A separação de fases não se apresentou positiva, uma vez que foi necessário realizar altas diluições proporcionando pouca quantidade de carbono que garanta um rendimento de metano atraente. Ainda, a composição do esterco do método Compost Barn possivelmente possui menores quantidades de fibras degradáveis e matéria orgânica biodisponível.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. C.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R; SCUSSIATO, L.A; TÁPPARO, D.C.; GASPARETO, T.C. **Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. Journal of Environmental Management.** 2015.

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

ARELLI, V; BEGUM, S; ANUPOJU, G.R; KURUTI, k; SHAILAJA. **Dry anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure: Impact of total solids, substrate ratio and thermal pre treatment on methane yield and quality of biomanure.** Bioresource Technology. 2018.

BAH, H.; ZHANG, W.; Wu, S.; Qi, D; KIZITO, S.; DONG, R. **Evaluation of batch anaerobic codigestion of palm pressed fiber and cattle manure under mesophilic conditions.** Waste Manag. 2014.

BALA, R.; GAUTAM, V.; MONDAL, M.K. **Improved biogas yield from organic fraction of municipal solid waste as preliminary step for fuel cell technology and hydrogen generation.** Science Direct, Hydrogen Energy. 2018.

BERALDI, Tayara. **Tecnologias a serviço da sustentabilidade e rentabilidade da produção pecuária: Manejo de dejetos animais ajuda na mitigação dos Gases do Efeito Estufa (GEE) e melhora a economia da propriedade rural.** Pecuária de baixa emissão de carbono - Geração de valor na produção intensiva de carne e leite. 2018.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Recurso eletrônico. 2. ed. Câmara dos Deputados, Edições Câmara. Brasília, 2012.

CECCHI, Heloísa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Campinas: Unicamp, 1999.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2ª Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007, 588 p. COSTA, Monica Sarolli Silva de Mendonça. Disciplina: **Aplicações do biofertilizante**. Curso de Pós- Graduação em Tecnologias Da Cadeia Produtiva do Biogás. Ano 2018.

DALMO, F.C.; SIMÃO, N.M.; LIMA, H.Q.; JIMENEZ, A.C.M; NEBRA, S.; MARTINS, G.; PALACIOS-BRECHE, R.; SAN'ANA, P. H. M. **Energy recovery overview of municipal solid waste in São Paulo State, Brazil**. Journal of Cleaner Production, p. 461 – 474. 2018.

EDWIGES, T.; FRARE, L.; MAYER, B.; LINS, L.; TRIOLO, J.T.; FLOTATS, X.; COSTA, M.S.S.M. **Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste**. Waste Management. P. 618–625, 2018.

EL-DEIR, Soraya Giovanetti. **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. EDUFRPE. Recife, 2014.

EMBRAPA. **Anuário Leite 2018: Indicadores, tendências e oportunidades para quem vive no setor leiteiro**. Edição digital. 2018.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2002. Food and Nutrition Paper 77: Food Energy (Methods of Analysis and Conversion Factors).

HAMELIN, L., WESNAES, M., WENZEL, H., Petersen, B.M.. Environmental consequences of future biogas technologies based on separated slurry. Environ. Sci.Technol. 2011.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

JUNQUEIRA, J. B.; LUCAS JUNIOR, J. DE ; COSTA, L.V.C. ; SAGULA, A. ; MENESES, S. L. **Diluição e separação das frações sólida e líquida de dejetos de Bovinos de corte para abastecimento de biodigestores Anaeróbios**. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. 2009.

KHAYU, N.; ANBARASU, S., MURUGAN, S. **Biogas potential from spent tea waste: A laboratory scale investigation of co-digestion with cow manure.** Energy. 2018.

RICO, J.L.; GARCIA, H.; RICO, C.; TEJERO, I. **Characterisation of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production.** Bioresource Technology. 2007.

MACHADO, Camila Romantini. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros. Submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar.** Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu. BOTUCATU – SP, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2 ed. Piracicaba: POTAFOS,1997.

MMA – MINNISTRÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, 2012.

MEZZADRI, F.B. **Leite: Análise da Conjuntura Agropecuária.** SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. DERAL - Departamento de Economia Rural. 2017.

MOLLER, H.B; SOMMER, S.G; AHRING, B.K. **Methane Productivity Of Manure, Straw and Solidfractions Of Manure.** Biomass and Bioenergy. 2004.

PAINI, V. **Geração de biogás a partir da utilização resíduos orgânicos da indústria alimentícia do ramo de candies.** Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, 2017.

PAIVA, E.C.R; MATOS, A.T; COSTA, T. D. R; JUSTINO, E.A; PAULA, H.M. **Comportamento do pH e da temperatura do material durante a compostagem de carcaça de frango com diferentes materiais Orgânicos.** I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.2010.

TAMPIO, E. A.; BLASCO, L.; VAINIO, M.M.; KAHALA, M.M; RASI, S.E. **Volatile fatty acids (VFAs) and methane from food waste and cow slurry: Comparison of biogas and VFA fermentation processes.** Global Chance Biology Bionergy. 2018.

SILVA, E. M; ROSTON, D.M. **Tratamento De Efluentes De Sala De Ordenha De Bovinocultura: Lagoas De Estabilização Seguidas De Leito Cultivado.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.67-73, jan./fev. 2010.

SUTARYO, S., WARD, A.J., MOLLER, H.B., 2013. **Anaerobic Digestion of Acidified Slurry Fractions Derived from Different Solidliquid Separation Methods**, 130, pp. 495 e 501.

VAN SOEST, P.J. **Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage.** J. Anim. Sci., 26(1):119-120. 1967.

VDI - VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. VDI 4630: **Fermentation of organic materials Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests.** Düsseldorf, 2006.