CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE OVINOS COM INCLUSÕES DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE DEJETOS DE BOVINOS EM BIODIGESTORES DE BANCADA

ANAEROBIC CO-DIGESTION OF SHEEP MANURE WITH DIFFERENT PROPORTIONS OF CATTLE MANURE IN BENCH-SCALE BIODIGESTERS

CODIGESTIÓN ANAEROBIA DE ESTIÉRCOL OVINO CON LA INCLUSIÓN DE DIFERENTES PROPORCIONES DE ESTIÉRCOL BOVINO EN BIODIGESTORES DE LABORATÓRIO

10.56238/IIMultiCientifica-189

Henrique Clayton Rodrigues
Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental
Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais
Endereço: Pitangui, MG
E-mail: henrique@epamig.br

Neimar de Freitas Duarte
Doutor em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Santa Luzia
Endereço: Santa Luzia, MG
E-mail: neimar@ifmg.edu.br

Hygor Aristides Victor Rossoni
Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal
Endereço: Florestal, MG
E-mail: rossoni@ufv.br

Renato Ferreira de Souza
Doutor em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Lavras
Endereço: Lavras, MG
E-mail: souzarf@epamig.br

RESUMO
Para o desenvolvimento sustentável da ovinocultura e da bovinocultura é imprescindível buscar novos métodos de gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados, visando à redução dos impactos ambientais e à otimização do uso dos insumos empregados nessas atividades, por meio de sua reutilização ou reciclagem. Os biodigestores permitem tratar resíduos provenientes de atividades pecuárias, por meio da digestão anaeróbia, gerando digestato, com potencial de uso como fertilizante, e biogás, uma fonte alternativa de energia. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a

codigestão anaeróbia de diferentes misturas de dejetos de ovinos em dejetos de bovinos, em biodigestores de bancada, modelo indiano, operando em batelada. Foram utilizados 15 protótipos de biodigestores de bancada, com volume útil de 2,3 litros, abastecidos com substratos nas proporções 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0,100, dejetos de ovinos e bovinos, respectivamente. A digestão anaeróbia de dejetos de ovinos foi influenciada positivamente pela adição de dejetos de bovinos, que aumentou a eficiência do processo da digestão anaeróbia e a quantidade de matéria carbonácea convertida em biogás. As misturas que continham 50% ou mais de dejeto de bovinos tenderam a apresentar as maiores conversões de matéria carbonácea em biogás.

Palavras-chave: Biogás. Codigestão Anaeróbia. Manejo de Dejetos. Dejetos de Ovinos. Dejetos de Bovinos.

ABSTRACT
For the sustainable development of sheep and cattle farming, it is essential to seek new methods for managing and treating the waste generated, aiming to reduce environmental impacts and optimize the use of inputs through reuse or recycling. Biodigesters allow livestock waste to be treated through anaerobic digestion, producing digestate, which has potential for use as a fertilizer, and biogas, an alternative energy source. In this context, this study aimed to evaluate the anaerobic co-digestion of different mixtures of sheep and cattle manure in bench-scale Indian-model biodigesters operated in batch mode. Fifteen bench-scale biodigester prototypes with a working volume of 2.3 liters were loaded with sheep and cattle manure at ratios of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100, respectively. The addition of cattle manure positively influenced the anaerobic digestion of sheep manure, increasing the efficiency of the process and the amount of carbonaceous matter converted into biogas. Mixtures containing 50% or more cattle manure tended to show the highest conversion of carbonaceous matter into biogas.

Keywords: Biogas. Anaerobic Co-digestion. Manure Management. Sheep Manure. Cattle Manure.

RESUMEN
Para el desarrollo sostenible de la ovinocultura y la bovinocultura, es imprescindible buscar nuevos métodos de gestión y tratamiento de los residuos generados, con el fin de reducir los impactos ambientales y optimizar el uso de los insumos empleados en estas actividades, mediante su reutilización o reciclaje. Los biodigestores permiten tratar los residuos provenientes de actividades pecuarias a través de la digestión anaerobia, generando digestato —con potencial de uso como fertilizante— y biogás, una fuente alternativa de energía. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la codigestión anaerobia de diferentes mezclas de estiércol ovino y bovino en biodigestores de laboratorio (modelo indio) que operan por carga (lotes). Se utilizaron 15 prototipos de biodigestores de laboratorio, con un volumen útil de 2,3 litros, alimentados con sustratos en proporciones de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100 de estiércol ovino y bovino, respectivamente. La digestión anaerobia del estiércol ovino se vio influida positivamente por la adición de estiércol bovino, lo cual aumentó la eficiencia del proceso de digestión anaerobia y la cantidad de materia carbonácea convertida en biogás. Las mezclas que contenían un 50 % o más de estiércol bovino tendieron a presentar las mayores tasas de conversión de materia carbonácea en biogás.

Palabras clave: Biogás. Codigestión Anaerobia. Gestión de Residuos. Estiércol Ovino. Estiércol Bovino.

1 INTRODUÇÃO

Em 2016, o Brasil possuía um rebanho de ovinos, aproximadamente, de 18,43 milhões de cabeças. No mesmo ano, foram comercializados aproximadamente 3,4 milhões de cabeças de ovinos, com valor total de R$ 641.015.000,00 (IBGE, 2016).

Muitos produtores têm optado pelo sistema de produção de animais em confinamento (intensivo), especialmente nas regiões próximas aos grandes centros urbanos, tanto de ovinos como de bovinos, pois demandam menor área de produção, aumentam a eficiência produtiva do rebanho com a redução da idade ao abate e permitem a produção de carne no período da entressafra (GUIMARÃES et al., 2017). Nesse sistema, há elevada produção de dejetos por área e, para minimizar os impactos ambientais associados, os produtores devem dispor de alternativas para o tratamento e o manejo dos dejetos.

A disposição inadequada de resíduos de origem animal pode favorecer o desenvolvimento de agentes patogênicos, como algumas espécies de bactérias, parasitas, fungos e vírus, capazes de causar doenças em seres humanos e outros animais. Esses resíduos também podem contaminar o solo e água devido aos elevados teores de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) que podem ser lixiviados e atingir o lençol freático. Outro impacto é a emissão de metano (CH_4) da fermentação entérica dos animais apontados, bem estudada e descrita como principal contribuinte da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do setor agrícola. A pecuária é responsável por 18% das emissões de CH_4 e de 9% de CO_2 de GEEs (UGBOGU et al., 2017).

A maior parte dos constituintes dos resíduos de origem animal corresponde à matéria orgânica e sua aplicação em sistemas de reutilização, como os biodigestores, apresenta relevância econômica e ambiental. A digestão anaeróbia é um processo que promove na ausência de oxigênio a transformação de materiais orgânicos complexos em produtos mais simples, como gases e nutrientes em formas estáveis ou menos poluentes. Como resultado, ocorre redução dos sólidos voláteis, e geração de um efluente que mantém parcela considerável das concentrações dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (K) (KUNZ et al., 2019).

A digestão anaeróbia é amplamente utilizada no tratamento de dejetos de animais. Em 17 países da União Europeia a capacidade de tratamento aumentou de 0,1 milhão t/ano em 1990 a 46 milhões t/ano em 2016 (BAERE e MATTHEEUWS, 2010; ECOPROG, 2017). A digestão anaeróbia permite, simultaneamente:

(I) geração de bioenergia;

(II) produção de material rico em nutriente e com potencial de aplicação no solo; e

(III) redução das emissões de GEEs e controle de odores (NESHAT et al., 2017).

O processo de digestão anaeróbia de resíduos agropecuários vem sendo estudado desde 1970, com o propósito de aprimorar seu desempenho, que depende das condições específicas do meio e da atuação de diferentes grupos de microrganismos. Entre os fatores investigados, destacam-se: temperatura, taxa de carga orgânica, tempo de retenção hidráulica, composição do substrato, uso de inóculo e a codigestão (ASSUNÇÃO, 2020).

A codigestão anaeróbia consiste na utilização simultânea de dois ou mais resíduos, que em conjunto, possam atuar de maneira benéfica por meio de suas propriedades específicas, para aumentar a eficiência no processo de digestão (ARAÚJO, 2012). Segundo Zhang et al. (2011) usando apenas dejeto de animal como matéria-prima da digestão anaeróbica pode produzir um baixo rendimento de CH4 a partir do substrato afluente, então, o mesmo sugere para tornar esta tecnologia mais atraente para os agricultores e aumentar a produção de CH4, a utilização da codigestão.

Com o propósito de aumentar a eficiência da digestão anaeróbia, a produção de biogás e a qualidade do digestato, este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de codigestão anaeróbia de diferentes misturas de dejetos de ovinos e bovinos em biodigestores de bancada, modelo indiano, operados em batelada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Laboratório do Setor de Pequenos Animais (Latitude: 180 42' 38"S, Longitude: 440 53' 80"O e Altitude: 675 m), situado no Campo Experimental de Pitangui (CEPI) da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no município de Pitangui, MG. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima local é Cwa – clima temperado úmido, com inverno seco e verão quente e chuvoso – cuja temperatura do mês mais quente é sempre superior a 22 0C e temperatura do mês mais frio é sempre inferior a 18 0C, sendo a média anual de temperatura de 20,5 0C.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS REBANHOS FORNECEDORES DE DEJETOS

Os dejetos de ovinos foram provenientes do rebanho de animais mestiços das raças Texel, Dorper e Santa Inês do CEPI da EPAMIG. Os animais eram alimentados a pasto (Brachiaria decumbens) com suplementação de 200 g por animal por dia, composta por 70% de milho e 30% de farelo de soja. As quantidades de dejetos utilizadas em cada tratamento são apresentadas na Tabela 1.

Os dejetos de bovinos de corte foram provenientes do rebanho de animais mestiços das raças Nelore, Holandês e Brama. Os animais eram alimentados a pasto (Brachiaria decumbens) com suplementação mineral sem restrição ("à vontade"). As quantidades de dejetos utilizadas em cada tratamento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Tratamentos obtidos pela mistura de dejetos de ovinos, bovinos e água e teores de sólidos totais adicionados aos biodigestores

Tratamento	Dejetos de ovinos	Dejetos de bovinos	Água	Volume total	ST
	(g)	(g)	(mL)	(mL)	(mgL^{-1})
$T_{O100:B0}$	862,86	0,00	1.353,34	2.300,00	98.130,00
$T_{O75:B25}$	647,14	311,75	1.341,11	2.300,00	105.040,00
$T_{O50:B50}$	431,43	623,49	1.245,08	2.300,00	86.270,00
$T_{O25:B75}$	215,71	935,24	1.149,05	2.300,00	87.660,00
$T_{O0:B100}$	0	1.246,99	2.093,00	2.300,00	83.780,00

Fonte: Autor (2021).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS BIODIGESTORES UTILIZADOS

Foram utilizados 15 protótipos de biodigestores de Policloreto de Vinila (PVC) (Figura 1A), construídos conforme metodologias utilizadas nos trabalhos de Junqueira (2011), Cestonaro (2013) e Soares (2018). A câmara de fermentação apresentava volume total de 2,5 dm3. Os biodigestores foram dispostos sobre bancada de laboratório, em condições de temperatura ambiente, abrigados de luz solar e de chuvas. A câmara de fermentação consistiu em um tubo de PVC com diâmetro de 100 mm fechado por tampão de vedação (tipo cap) de PVC, e capacidade útil de 2,3 dm^3 (Figura 1B). O gasômetro foi montado com tubo e tampão de vedação (tipo cap) de PVC com diâmetro de 150 mm e volume total de 5,3 dm3. No tampão foi conectada uma válvula de três vias "three way" (material cirúrgico para injeção de soro) para a coleta e análise do biogás e uma mangueira de silicone conectada a um manômetro de coluna d'água em "U", para medir a pressão do biogás.

Figura 1: Biodigestores, gasômetro e manômetro de coluna d'água.



Fonte: Autor (2021).

2.4 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS DOS DEJETOS DE OVINOS E BOVINOS

Para determinar o volume de biogás produzido, foram realizadas leituras da temperatura e da pressão do biogás, bem como do deslocamento vertical do gasômetro utilizando uma régua graduada nele fixada. A pressão foi medida com manômetro de coluna de água em U, em milímetro de coluna de água (mmca). O tubo em U, com o líquido manométrico (água) foi fixado a uma folha de papel milimetrada, o qual possibilitou obter o valor da pressão, pela diferença entre as alturas do líquido nas duas colunas do tubo em U.

O volume de biogás produzido foi determinado pelo produto do deslocamento vertical do gasômetro pela área de sua seção transversal interna (0,0177 m2). Esse volume foi corrigido para as condições de 1 atm e 20 ºC conforme a metodologia descrita por Caetano (1985), considerando o comportamento do biogás próximo ao de um gás ideal. Para correção foi utilizada a Equação 1, resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac, conforme descrito por Santos (2017).

$$\frac{Vo \times Po}{To} = \frac{V1 \times P1}{T1} \qquad (1)$$

Em que:

V0 = volume de biogás corrigido, m3;
P0 = pressão corrigida do biogás, 10.322,72 mm de H2O;
T0 = temperatura corrigida do biogás, 293,15 K;
V1 = volume do gás no gasômetro, m3;
P1 = pressão do biogás no instante da leitura, mm de H2O;
T1 = temperatura do biogás, em K, no instante da leitura.

Para calcular a pressão do biogás no instante da leitura (P1), considerou-se a pressão atmosférica de Pitangui-MG igual a 92,9 hPa (947,342 mm H2O), conforme o valor obtido no site Cidade Brasil (2021).

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições: T1 - 100% dejetos ovinos; T2 - 75% de dejetos ovinos e 25% de dejetos bovinos; T3 - 50% dejetos ovinos e 50% dejetos bovinos, T4 - 25% dejetos ovinos e 75% dejetos bovinos; T5 - 100% dejetos bovinos.

As variáveis analisadas no momento da carga dos biodigestores foram os Sólidos Totais (ST), os Sólidos Voláteis (SV), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a Demanda Química de Oxigênio (DQO), o pH, a Condutividade Elétrica (CE), o Nitrogênio (N), o Fósforo (P) e o Potássio (K). Ao final da digestão anaeróbia, 155 dias após o carregamento, foram retiradas amostras dos digestatos de cada tratamento e repetição. As amostras foram enviadas ao laboratório para a determinação de suas características físicas, químicas e biológicas.

Os dados obtidos foram submetidos á Análise de Variância (ANOVA), sendo realizadas as comparações das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o Programa Estatístico Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de ST, SV e DBO (Tabela 2) são similares quanto aos valores de ST e SV encontrados por Maciel (2018), mas nota-se diferença dos resultados encontrados por Araújo (2012) e Sbizzaro (2013), possivelmente porque esses autores não utilizaram dejetos recém-excretados, e o material perdeu umidade para o ambiente aumentando seus teores de ST e SV.

Orrico et al. (2016) avaliaram a codigestão dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte e observaram reduções nos teores de ST e SV de 47,53 e 51,28%, respectivamente, valores superiores

ao desse trabalho, provavelmente devido à adição do óleo como fonte proteica no processo de digestão anaeróbia. Rabelo (2018) estudou a codigestão do substrato esterco bovino leiteiro e codigestão substratos palha de milho e palha de feijão, para produção de biogás em biodigestores de bancada do tipo batelada. O autor padronizou o teor de ST afluentes entre 7 e 9% e obteve reduções de ST e SV superior a 30% com variação média de 17,3 e 17,2% nos valores de ST e SV, respectivamente. O teor de ST afluentes e reduções de ST e SV encontrado por Rabelo (2018) se assemelham ao desse estudo, mas as variações de ST e SV foram menores.

Tabela 2: Concentrações médias de ST, SV e DBO afluente, efluente e porcentagem de reduções de ST, SV e DBO nos 5 tratamentos.

Tratamentos	STa (mgL^{-1})	STe (mgL^{-1})	R. ST (%)	SVa (mgL^{-1})	SVe (mgL^{-1})	R. SV (%)	DBOa (mgL^{-1})	DBOe (mgL^{-1})	R. DBO (%)
$T_{O100:B0}$	98.130	34.449,00 NS	35,11 NS	79.200	33.160,00 bc	41,87 NS	14.250	3.083,33 bc	21,64 bc
$T_{O75:B25}$	105.040	32.388,00 NS	30,83 NS	85.750	33.518,67 c	39,09 NS	14.750	1.666,67 ab	11,30 ab
$T_{O50:B50}$	86.270	12.297,00 NS	14,25 NS	69.260	12.695,00 a	18,33 NS	13.750	333,33 a	2,43 a
$T_{O25:B75}$	87.660	18.534,67 NS	21,14 NS	68.600	15.096,00 ab	22,01 NS	14.500	4.083,33 c	28,16 c
$T_{O0:B100}$	83.780	30.116,33 NS	35,95 NS	68.900	26.730,00 abc	38,80 NS	14.500	2.583,33 bc	17,82 bc

STa: sólidos totais afluente; STe: sólidos totais efluente; R. ST: redução de sólidos totais; SVa: sólidos voláteis afluente; SVe: sólidos voláteis efluente;
R. SV: redução de sólidos voláteis; DBOa: demanda bioquímica de oxigênio afluente; DBOe = demanda bioquímica de oxigênio efluente;
R. DBO: Redução da demanda bioquímica de oxigênio.
TO100:B0 = 100% dejeto de ovino; TO75:B25 = 75% dejeto ovino e 25% bovino; TO50:B50 = 50% de ovino e 50% de bovino, TO25:B75 =25% dejeto ovino e 75% bovino, TO0:B100 =100% dejeto de bovino.
NS: Não significativo
Médios seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
Fonte: Autor (2021).

Os valores de pH inicial dos tratamentos encontram-se na Tabela 3, observa-se que os valores afluentes apresentaram condições favoráveis ao processo de digestão anaeróbia, pois estavam dentro da faixa de melhor desempenho das arqueias metanogênicas, entre 6 - 8,0 (CHERNICHARO, 2016). Os valores de CE reduziram aproximadamente 50% em todos os tratamentos. Matos (2016) em seu estudo com dejeto de bovinos em diferentes sistemas de manejo também verificou redução da CE em aproximadamente 11%.

Tabela 3: Condutividade elétrica, pH, afluente e efluente nos 5 tratamentos.

Tratamentos	CEa (μScm^{-1})	CEe (μScm^{-1})	pHa	pHe
$T_{O100:B0}$	12.650,00	6.410,00 b	7,2	8,03 b
$T_{O75:B25}$	14.590,00	6.103,00 b	7,2	8,20 b
$T_{O50:B50}$	12.590,00	5.340,00 ab	7,0	8,00 b
$T_{O25:B75}$	10.310,00	4.756,67 a	7,0	7,87 ab
$T_{O0:B100}$	8.690,00	4.176,67 a	6,8	7,30 a

CEa: CE afluente; CEe: CE efluente; pHa: pH afluente; pHe: pH efluente.
Valores médios seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
Os dados apresentam normalidade conforme o teste de Shapiro-Wilk.
Fonte: Autor (2021).

Os nutrientes N e P tiveram reduções consideráveis dos valores efluentes em relação aos valores afluentes, esse é resultado do processo energético do consórcio microbiano em consequência do seu desenvolvimento e crescimento celular (Tabela 4).

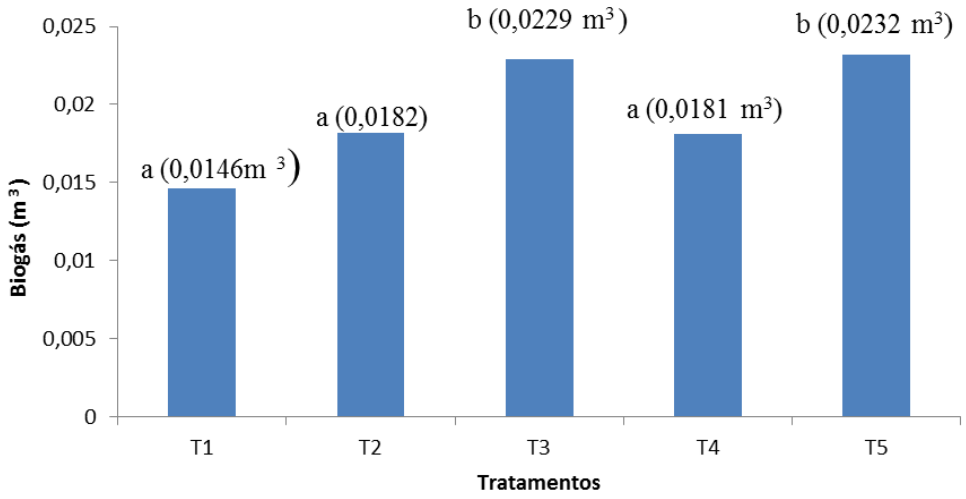
Tabela 4: Concentração de N e P do afluente e efluente nos tratamentos estudados.

Tratamentos	NTa ($mgNL^{-1}$)	NTe (mgN^{-1})	PTa ($mgPL^{-1}$)	PTe ($mgPL^{-1}$)
$T_{O100:B0}$	6.261,65	507,81 ab	3.224,80	769,44 a
$T_{O75:B25}$	2.138,30	620,83 b	6.534,85	736,11 a
$T_{O50:B50}$	2.230,98	544,83 ab	6.239,10	601,39 a
$T_{O25:B75}$	2.947,11	450,12 ab	1.174,94	851,43 a
$T_{O0:B100}$	1.096,94	264,53 a	521,80	169,72 a

NTa: NT afluente; NTe: NT efluente; PTa: PT afluente; PTe: PT efluente.
Valores médios seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
Os dados apresentam normalidade conforme o teste de Shapiro-Wilk
Fonte: Autor (2021).

Na figura 2 são apresentadas as produções médias acumuladas de biogás. Verifica-se que os tratamentos o TO0:B100 e o TO50:B50 apresentaram as maiores produções de biogás. De acordo com esses resultados, conclui-se que a eficiência do processo de digestão anaeróbia e a quantidade de biogás produzido por dejetos de ovinos são influenciados positivamente pela inclusão de dejetos de bovinos.

Figura 2: Produção média acumulada de biogás nos tratamentos estudados.



T1: TO100:B0, T2: TO75:B25, T3: TO50:B50, T4: TO25:B75, T5: TO0:B100.
Letras iguais nas colunas não diferem entre pelo teste de Tukey (p∟0,05).
Fonte: Autor (2021).

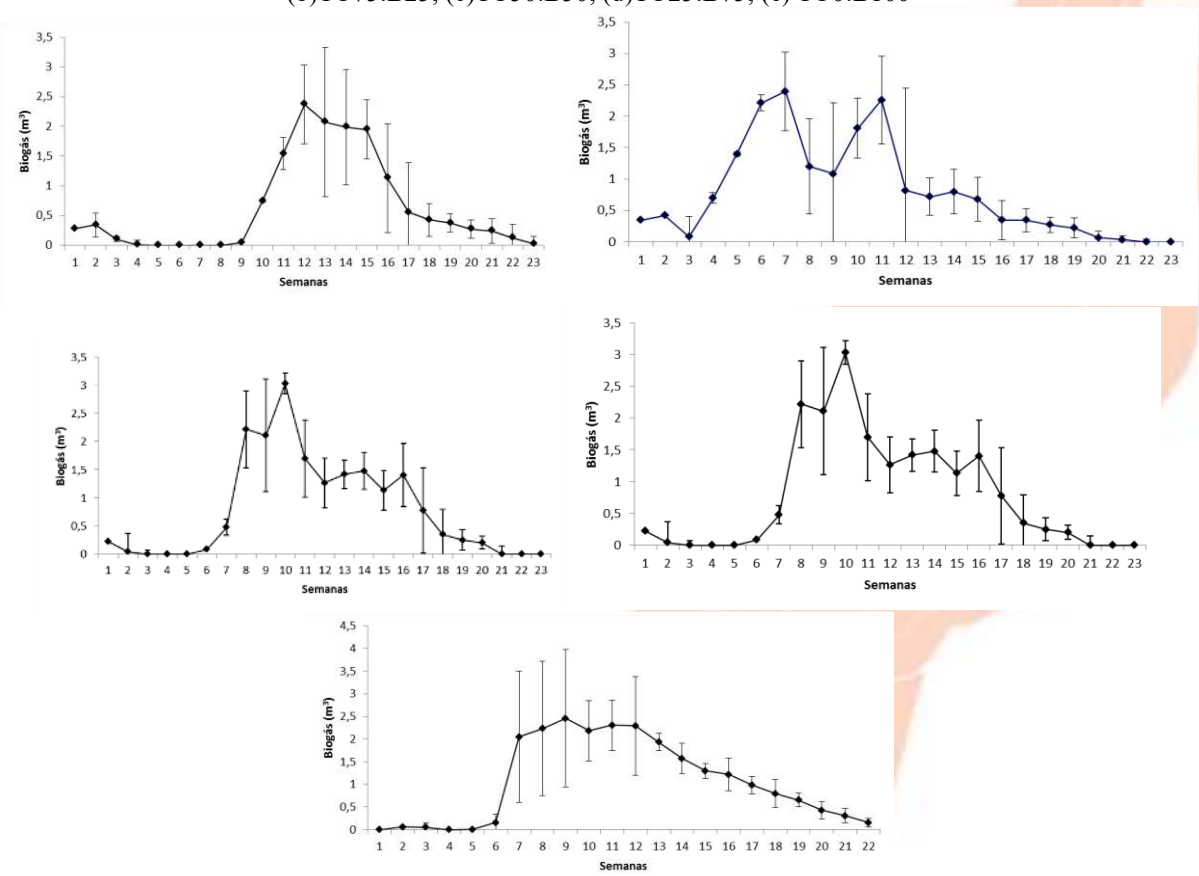
Em seus estudos sobre produção de biogás de dejetos de bovinos de leite, em sistema convencional e orgânico, Matos et al. (2017) observaram produção acumulada de 0,00618 m3 (6,18 L) de biogás a partir da biodigestão dos dejetos de bovinos em sistema orgânico e de 0,01115 m3 (11,15 L) de biogás para os dejetos de bovinos em sistema convencional de produção. Matos et al. (2017) justificaram o resultado devido ao manejo diferenciado dos animais, principalmente a dieta, em cada sistema de produção. Ocorre maior degradação de dejetos provenientes de dieta com maior proporção de concentrado, o qual reflete diretamente sobre a produção e os potenciais de produção de biogás e metano. Os valores de produções acumuladas observado por Matos et al. (2017) são menores aos obtidos no presente estudo, embora a dieta alimentar e sistema de produção sejam similares, principalmente no sistema de produção orgânico.

As curvas da produção média semanal de biogás e os desvios encontram-se na Figura 3. Pode-se observar, em todos os tratamentos, que na primeira semana há um pico de produção de biogás, esse pico diminui até atingir valores nulos na segunda ou terceira semana. No tratamento TO100:B0, após o pico de produção, houve interrupção da produção de biogás até a sétima semana, e no TO25::B75 até a quinta semana. Nos demais tratamento, a produção de biogás depois de tornar-se nula, inicia-se novamente na terceira ou quarta semana.

As curvas da produção média semanal de biogás do experimento assemelham-se à curva média semanal de produção de biogás em m3, a partir da biodigestão anaeróbica de dejetos de bovinos de leite, sob sistema convencional de produção, obtida por Matos (2016), em que a produção de biogás se inicia na primeira semana e é cessada na quarta semana a partir do carregamento do biodigestor e é retornada novamente a partir da quinta semana. Silva (2017) também verificou pico de produção nos primeiros 10 dias, ficando os biodigestores inativos por cerca de 25 dias. Entre o 35º e 37º dia voltaram a produzir biogás até o último dia do experimento.

O baixo arranque em produção nas primeiras semanas se deve, provavelmente, ao alto teor de celulose encontrado nos substratos, devido à alimentação dos animais ter por base o pasto A hidrólise desses materiais é lenta e esta fase limita a velocidade global do processo de digestão.

Figura 3: Produção média semanal de biogás e desvio padrão da produção média semanal, em que: (a) TO100:B0; (b)TO75:B25; (c)TO50:B50; (d)TO25:B75; (e) TO0:B100



Fonte autor (2021).

5 CONCLUSÃO

A adição de dejetos de bovinos favoreceu a digestão de dejetos de ovinos é influenciada positivamente pela inclusão de dejetos de bovinos, aumentando a eficiência do processo da digestão anaeróbia e a quantidade de matéria orgânica carbonácea convertida em biogás. A presença de dejeto de bovino também antecipou o início da produção efetiva e favoreceu a manutenção da produção de biogás.

A adição de dejetos de bovinos em proporções iguais ou superiores a 50% às misturas com dejetos de ovinos aumentou a produção total de biogás e os potenciais de produção por kg (quilograma) de ST, SV e DBO.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. C. A. **Co-digestão anaeróbia dos dejetos de ovinos e glicerina bruta**. 2012. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2012.

ASSUNÇÃO, G. P. **Avaliação da produção de metano no biogás frente a diferentes diluições do dejeto bovino e a influência nutricional**. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2020.

BAERE, L., MATTHEEUWS, B. Anaerobic digestion of MSW in Europe. **Biocycle 51**, 24-26. 2010.

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Botucatu, 1985.

CESTONARO, T. **Adição de dejetos de bovinos de corte em processos biológicos de estabilização de cama de ovinos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2013.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - V**ol. 5. 2 ed. ampliada e atualizada. Belo Horizonte Ed: UFMG, 2016, 379p.

CIDADE BRASIL-ESTADO DE MINASGERAIS-MUNÍCIPIO PITANGUI. Disponível em: https://www.cidade-brasil.com.br/tempo-pitangui.html. Acesso em: 10 de jan. 2021.

ECOPROG, The Market for Mechanical Biological Waste Treatment Plants in Europe. 2017.

GUIMARÃES, L. A; NARDI JUNIOR, G; OLIVEIRA, P. A. Análise e viabilidade econômica em um sistema de confinamento para a terminação de gado de corte anelorado. **Tekhne e Logos**, ISSN 2176 – 4808, Botucatu, SP, v.8, n.1, abril, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 10 de abril de 2020.

JUNQUEIRA, J. B. **Biodigestão anaeróbia e compostagem com dejetos de bovinos confinados e aplicação do biofertilizante e do composto em área cultivada com Panicummaximum JACQ., CV Tanzânia**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Área de Concentração em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

KUNZ, A; STEINMETZ; R. L. R; AMARAL. A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**, Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 209 p.

NESHAT, S.A., MOHAMMADI, M., NAJAFPOUR, G.D., LAHIJANI, P., Anaerobic co-digestion of animal manures and lignocellulosic residues as a potent approach for sustainable biogas production. Renew. Sustain. Energy Rev. 79, 308–322. 2017.

MATOS, C. F. **Produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos de bovinos, sob sistema orgânico e convencional de produção**. 2016. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, 2016.

MATOS, C. F; PAES, J. L, LIMA, E; PINHEIRO, E. F. M; CAMPOS, D. V. B. Biogas production from dairy cattle manure, under organic and conventional production systems. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 6, p. 1081-1090, nov./dez. 2017.

MACIEL, Thiago Thiarles Braw André Furlan Romualdo Angelo Abraãn Lincon Picciuto Maciel. **Co-digestão anaeróbia dos dejetos de ovinos com diferentes inclusões de resíduo líquido de incubatório**. 2018. 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.

ORRICO, A. C. A.; LOPES, W. R. T.; MANARELLI, D. M.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; SUNADA, N. S. Codigestão anaeróbia dos dejetos de bovinos leiteiros e óleo de descarte. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.36, n.3, p.537-545, 2016.

RABELO, E. A. **Palhas de milho e de feijão como co-substratos na digestão anaeróbia de esterco bovino leiteiro**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 48 f. Dissertação de Mestrado
SANTOS, D. F; GUIMARÃES, W. F. F; GONÇALVES, C. U. Biodigestores como alternativa à sustentabilidade ambiental no campo brasileiro: um balanço bibliográfico acerca dos modelos indiano, chinês e batelada, **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, número suplementar, p. 35-39, 2017.

SBIZZARO, M. **Vermicompostagem a partir de dejeto de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar**. 134 f.Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, Londrina, 2013.

Silva, E. C. G. **Codigestão anaerobia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e dejetos de bovino leiteiro: obtençãoo e projeção dos resultados em um estudo de caso no município de Penápolis - SP**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciéncias Agronomicas, Botucatu, 2017

SOARES, C. S. G. C; PAES, J. L; ALVES, T. B. S. Utilização de lodo de esgoto como inóculo para partida de biodigestores abastecidos com dejetos bovinos. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**. Gramado, RS, abril de 2018.

UGBOGU, E. A; ELGHANDOUR, M. M. M. Y; IKPEAZU, V. O; BUENDÍA, G. R; Molina, O. M; Arunsi, U. O; Emmanuel O; Salem, A. Z. M. The potential impact of dietary plant natural products on the sustainable mitigation of methane emission from livestock farming. **J Clean Prod.** 213:915–925; 2017.

ZHANG, L., LEE, Y., JAHNG, D. Bioresource technology anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: focusing on the role of trace elements**. Bioresour. Technol.** 102, 5048–5059. 2011.