

Influência das variações da temperatura na produção de biogás em biodigestores modelo Bioköhler protegido com estufa plástica

Caroline Monique Tietz Soares¹, Armin Feiden¹, Pedro Rodrigo Hillesheim Soares²

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Marechal Cândido Rondon. Rua Pernambuco, 1777, centro, Marechal Cândido Rondon - PR

²Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina. Palotina - PR

E-mail autor correspondente: carol.tietz@hotmail.com

Artigo enviado em 07/01/2019, aceito em 23/10/2019.

Resumo: O processo de digestão anaeróbia tem sido aplicado para o tratamento de efluentes tanto em países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento. Dentre os fatores mais importantes que afetam a eficiência deste processo está a temperatura, pois o desenvolvimento dos microrganismos e a produção de biogás é função da temperatura operacional do biodigestor. Este trabalho buscou verificar a influência das variações da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite, em biodigestor Bioköhler protegido por uma estufa plástica. O experimento foi realizado em um biodigestor de 20 m³ localizado na Estação Experimental Antonio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à UNIOESTE, no período de 03/08/2014 a 07/02/2015. Foram obtidos dados de temperatura interna ao biodigestor e a estufa, bem como de temperatura externa ao biodigestor e volume de biogás produzido. Os resultados indicaram que os microrganismos atuaram na faixa mesofílica e houve indício de que a produção de biogás foi influenciada pela variabilidade da temperatura, entretanto, a estufa evitou alterações bruscas nesta temperatura. Os resultados também evidenciaram que a capacidade média esperada de produção de biogás esteve em torno de 12 m³ por dia.

Palavras-chave: digestão anaeróbia, microrganismos, dejetos bovinos.

Influence of the temperature variations in the production of biogas in Bioköhler biodigesters covered with greenhouse plastic film

Abstract: The anaerobic digestion process has been applied for the treatment of effluents both in developed countries as well as underdeveloped countries. Amongst the most predominant factors that affect the efficiency of this process is the temperature, considering the microorganisms' development and the biogas production constitutes the temperature biodigester operational function. This study aimed at verifying the influence of temperature variation in the production of biogas from dairy cattle manure, in a Bioköhler biodigester covered with greenhouse plastic film. The experiment was performed in a 20 m³ biodigester located in the Antonio Carlos dos Santos Pessoa Experimental Station belonging to UNIOESTE, during the period between 08/03/2014 to 02/07/2015. Data from the internal biodigester temperature and the greenhouse was obtained in conjunction with the external biodigester temperature and biogas volume produced. The results indicated that the microorganisms acted in the mesophilic layer and there was the indication that the production of biogas was influenced by temperature variability, nevertheless, the greenhouse avoided sudden alterations at this

temperature. The results also evidenced that the medium capacity expected in the production of biogas surrounded 12 m³ per day.v

Key words: anaerobic digestion, microorganisms, dairy manure.

Introdução

A agropecuária passou por um rápido avanço tecnológico nas últimas décadas, em virtude da necessidade de se expandir a produção de alimentos para a manutenção do bem-estar da população mundial, a qual está em constante crescimento. Diante disto, torna-se evidente a necessidade de avaliar o impacto dessas práticas na saúde humana, animal e também no meio ambiente (AMORIN et al., 2004; SOUZA e CAMPOS, 2007).

Neste sentido, os mais variados setores envolvidos na produção animal começam a buscar alternativas a fim de atender a dois requisitos: questões legais e exigência do mercado interno e externo, com o objetivo de que seus produtos possam não só competir, mas tenham boa aceitação no mercado (LUCAS JUNIOR; SANTOS, 2000).

Os resíduos orgânicos provenientes da atividade agropecuária, em muitas regiões, são frequentemente responsáveis pela poluição de águas superficiais e subterrâneas, em razão do carreamento deste material, rico em matéria orgânica e agentes patogênicos, pela ação das chuvas (AMARAL et al., 2004).

Dentre os resíduos agropecuários, o da bovinocultura merece destaque, tendo em vista que o Brasil é dono do segundo maior rebanho efetivo de bovinos do mundo, suplantado apenas pela Índia. Dado que a Índia não se utiliza de seu gado bovino para fins comerciais, devido a questões religiosas, o rebanho bovino brasileiro é considerado o maior rebanho comercial do mundo (BRASIL, 2014; SCHLESINGER, 2009). Segundo informações publicadas em 2017 no site

do FarmNews, o qual utilizou dados do USDA/FAO, o efetivo nacional de bovinos em 2016 chegou a aproximadamente 226,03 milhões de cabeças.

Sendo assim, um volume considerável de dejetos é gerado todos os dias, tornando-se necessária a adoção de técnicas para dispor, manejar, tratar e utilizar estes resíduos, tendo como objetivo a manutenção da qualidade ambiental, também buscando meios de obter maior rentabilidade nesta atividade (REIS et al., 2007).

Atualmente, a digestão anaeróbia através da utilização de biodigestores é considerada um dos principais processos empregados para o tratamento de resíduos (MIRANDA et al., 2006). A adoção de biodigestores no meio rural contribui para a integração e sustentabilidade com o aproveitamento de efluentes, os quais normalmente têm baixo ou mesmo nenhum valor comercial. Estes efluentes agropecuários podem ser convertidos em duas grandes fontes de exploração: biogás e biofertilizante (QUADROS et al., 2009).

A eficiência do processo de digestão anaeróbia é afetada por uma série de fatores que vão desde a natureza da matéria-prima utilizada, condições ambientais, à operação do sistema, desenho do biodigestor, entre outros. A combinação harmônica destes fatores, associada ao fator economicidade é o que dita a eficácia do sistema (SOUZA et al., 2005; MASSÉ et al., 2008).

Dentre os fatores mais importantes está a temperatura - pois o desenvolvimento dos microrganismos - e consequentemente a produção de biogás é função da temperatura

operacional, ou seja, ela afeta diretamente a dinâmica do processo (CASTRO e CORTEZ, 1998; SANTOS, 2004).

Isto posto, este trabalho teve como objetivo verificar a influência das variações da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite, em biodigestor Bioköhler protegido por estufa plástica.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida, no período de 03 de agosto de 2014 a 07 de fevereiro de 2015, junto a Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, situada na Linha Guará do município de Marechal Cândido Rondon - PR, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (as coordenadas geográficas são em latitude 24,531997 S, longitude 54,019335 W e altitude de aproximadamente 420 m, no sistema de referência geodésica SIRGAS 2000).

A análise dos resultados obtidos foi feita a partir do agrupamento dos dados relativos a períodos de três semanas, formando 9 tratamentos que iniciaram em meses mais frios e terminaram em meses mais quentes. A determinação desta concentração foi feita a fim de facilitar a manipulação e exposição dos dados.

O biodigestor experimental presente na estação era da marca Bioköhler, com câmara de biodigestão em fibra de vidro, formada pela união de duas caixas d'água de 10.000 L cada, sendo uma caixa d'água normal e a outra tendo o seu fundo arredondado, contendo uma saída para manutenção, permitindo a abertura da mesma em caso de necessidade. Ambas as caixas possuíam material reforçado em função da pressão hidráulica do líquido e do gás. A câmara de biodigestão detinha capacidade de 20 m³, com volume útil de 19,56 m³, estava instalada no sentido vertical, possuindo sistema de alimentação contínuo e coberta por uma estufa plástica (Figura 1).



Figura 1. Câmara de biodigestão coberta pela estufa plástica.

Uma das extremidades da câmara de biodigestão, a inferior (referente à porção de uma caixa d'água) era totalmente enterrada e a outra

extremidade, a qual possuía o fundo arredondado, ficava fora do solo.

O dejetos bovino era raspado do estábulo presente na estação e acumulado no início do encanamento,

onde era misturado com água e a mistura resultante escoava por dentro do encanamento e se deslocava por gravidade até a caixa de alimentação do biodigestor. Este deslocamento ocorria por diferença hidráulica, visto que a mistura era feita de forma a manter uma concentração de sólidos totais entre 8 e 12%, que naturalmente é fluida e se comporta como um líquido (CASTRO; CORTEZ, 1998).

Após ser encaminhada para a caixa de alimentação, a mistura de água e dejetos era quantificada através da aferição da altura atingida pela solução. Posteriormente, promovia-se a coleta da amostra do aflente do biodigestor.

O biodigestor então era alimentado por esta mistura de água e dejetos bovinos (raça holandesa) provenientes da própria estação, os quais eram alimentados com feno, ração e silagem. As vacas permaneciam no estábulo por aproximadamente 4 horas.

Sendo o biodigestor em estudo de sistema contínuo, a mesma quantidade de carga diária de matéria orgânica que nele entrava saía na forma de biofertilizante, o que permitia a realização da segunda coleta do material (efluente).

Terminado a alimentação do biodigestor realizava-se a segunda medida da altura da mistura presente na caixa de alimentação, sendo que esta a bomba não conseguia succionar.

As coletas das amostras para efetuar as análises foram realizadas semanalmente, geralmente nas quintas-feiras, totalizando 54 amostras, sendo 27 de afluentes e 27 de efluentes. As amostras foram acondicionadas em garrafas PET de 500 mL e armazenadas em congelador para posterior análise.

A operação e o manejo do biodigestor eram realizados diariamente no período da tarde.

O experimento consistiu no monitoramento das variáveis:

temperatura interna do biodigestor, temperatura interna a estufa, temperatura ambiente (externa ao biodigestor e a estufa) e volume de biogás.

A temperatura interna do biodigestor foi medida diariamente, com o auxílio de 3 termopares tipo J, sendo o termopar superior colocado a 0,80 m abaixo do nível máximo da biomassa em fermentação (temperatura biodigestor superior), o intermediário a 2,50 m (temperatura biodigestor intermediário) e o inferior a 4,20 m (temperatura biodigestor inferior), conforme a Figura 2.

A temperatura interna a estufa também foi medida diariamente com o subsídio de 4 termopares tipo J, sendo os termopares posicionados de forma: (a) com que ficassem na parte do biodigestor em que o sol refletia durante o período da manhã (temperatura estufa manhã); (b) parte do biodigestor em que o sol refletia durante o período da tarde (temperatura estufa tarde); (c) um intermediário a altura mediana do biodigestor, próximo ao solo (temperatura estufa médio); e, (d) um que representasse a temperatura interna da estufa (temperatura estufa), localizado em uma área com a menor influência direta do sol.

Os dados foram armazenados em intervalos de 15 minutos por meio de um registrador eletrônico FieldLogger, marca Novus, com 8 canais analógicos por módulo, precisão de 0,2% da faixa máxima, o que equivale a ± 1 °C.

A temperatura ambiente (temperatura externa) foi medida no local do experimento por um termopar tipo J.

O volume de biogás produzido foi quantificado através de um medidor de gás modelo G 0,6 fabricado pela LAO Indústria. Este volume foi registrado de forma contínua e a leitura feita

diariamente, antes da alimentação do biodigestor.

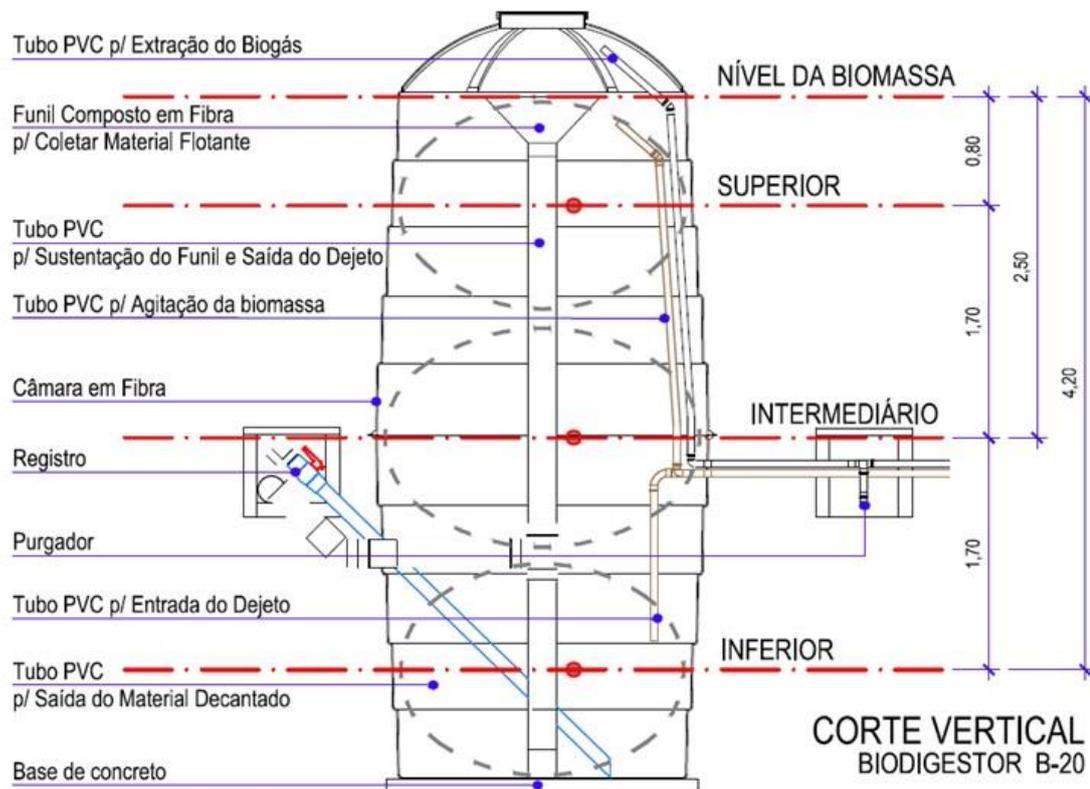


Figura 2. Região superior, intermediária e inferior da medição da temperatura interna do biodigestor.

Fonte: Tietz et al. (2014).

Resultados e Discussão

Temperatura

Na região Oeste do Paraná, para otimizar a absorção de calor, os digestores tipo Bioköhler tem-se utilizado de pintura negra para absorver o máximo de energia solar. Durante o dia, a energia que é captada pela superfície negra na forma de ondas curtas, é absorvida e reemitida na forma de ondas longas (REUTER, 2003). Assim, o biogás e a superfície da massa líquida são aquecidos.

Durante a noite, a superfície negra tende a perder calor de uma forma bastante intensa, anulando então

o ganho diurno (FEIDEN et al., 2004). Para que essa perda seja minimizada, foi construída uma estufa plástica, a qual teve como objetivo acumular e conter o calor.

A perda noturna ainda ocorreu, mas de uma forma mais lenta, pois a temperatura média da estufa era maior do que a temperatura externa. Além disso, como a energia recebida durante o dia foi dispersa em um grande volume de líquido, cujo calor específico é elevado, a perda se concentrou nas paredes externas e, portanto, tornou-se mais lenta devido a necessidade de migração das massas quentes do centro

para as paredes. Assim, o ganho diário passa ser maior que a perda noturna e a eficiência da biodigestão é maior em função da maior temperatura média atingida pela massa líquida.

Variações na temperatura

Os valores médios das temperaturas, durante os 9 tratamentos

analisados, considerando a temperatura interna do biodigestor em três pontos diferentes (temperatura biodigestor superior, temperatura biodigestor intermediário e temperatura biodigestor inferior) e a temperatura externa ao biodigestor em um ponto (temperatura externa), estão apresentados na Figura 3.

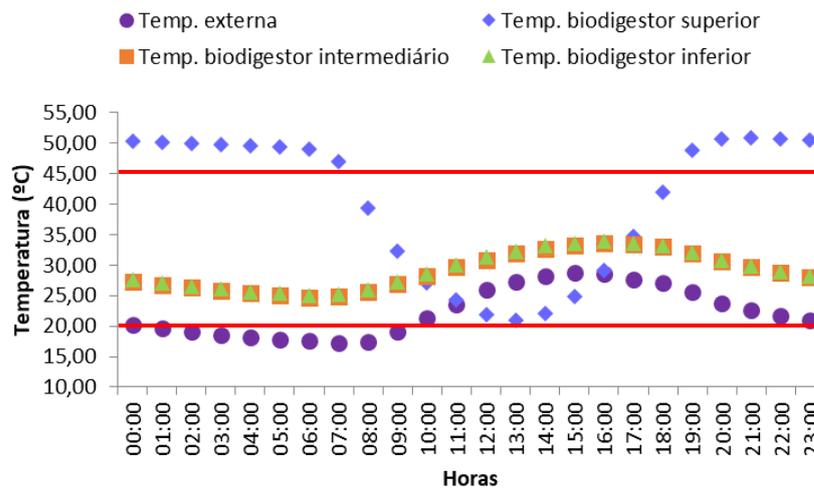


Figura 3. Variação média da temperatura interna e externa ao biodigestor.

De acordo com Chernicharo (2007) e Lettinga et al. (1996) existem três faixas de temperatura nas quais o crescimento microbiano é possível, sendo elas: faixa psicrófila, mesófila e termófila.

Embora o fato de que este crescimento microbiano pode ocorrer em condições extremas de temperatura, duas faixas de temperatura ótimas, nas quais o crescimento é máximo, tem sido associadas à digestão anaeróbia por diferentes autores, sendo elas: de 30 a 35 °C na faixa mesófila e de 50 a 55 °C na faixa termófila (NOGUEIRA, 1986).

No caso deste experimento os organismos atuaram na faixa mesofílica, pois a temperatura manteve-se na maior parte do tempo dentro da faixa de 20 a 45 °C (traço vermelho). Apenas na parte

superior do biodigestor (temperatura biodigestor superior), durante cerca de 13 h, a temperatura superou os limites considerados para esta faixa, porém, nas demais 11 h a temperatura esteve abaixo dos 45 °C.

Nas partes intermediária (temperatura biodigestor intermediário) e inferior (temperatura biodigestor inferior) do biodigestor, as temperaturas médias se mantiveram dentro da faixa mesofílica, sempre superando os 25 °C.

Na Figura 4 observa-se os resultados da variação média da temperatura dentro da estufa (temperatura estufa), do biodigestor (temperatura biodigestor intermediário) e ambiente (temperatura externa).

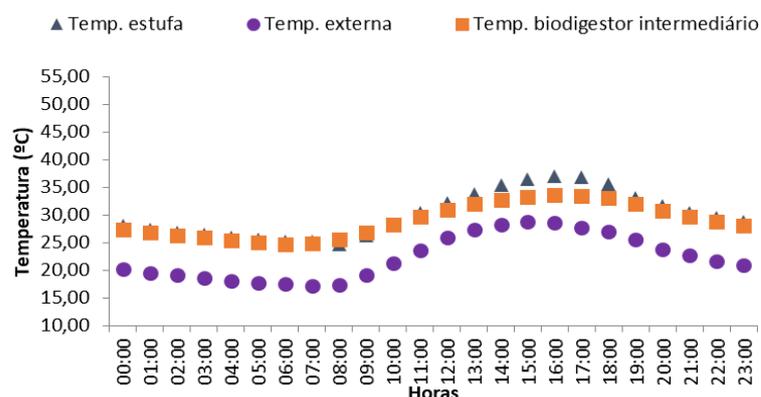


Figura 4. Variação média da temperatura dentro da estufa, do biodigestor e ambiente.

Analisando a Figura 4 e calculando a diferença entre as temperaturas da estufa e a externa, observou-se que nos horários mais quentes do dia, principalmente das 08:00 h às 15:00 h a diferença entre elas foi menor do que a média geral destas diferenças. Isso significa que neste período as temperaturas se aproximaram mais, o que pode ter sido causado por ação da insolação direta.

A partir das 16:00 h a diferença entre as temperaturas passou a aumentar gradualmente, isso se deu pela maior queda da temperatura externa em relação a temperatura do interior da estufa.

A partir das 20:00 h até às 05:00 h do dia seguinte ocorreu uma estabilização nas diferenças entre as temperaturas externa e da estufa, indicando que as quedas dessas temperaturas seguiram o mesmo padrão.

A média geral da diferença de temperatura entre os dois ambientes foi de 7,62 °C. A maior diferença observada foi às 17:00 h quando atingiu 9,15 °C, e a menor foi às 12:00 h, com 6,22 °C. Portanto, a estufa mostrou ter uma eficiência mínima de ganho de 6 °C, o que ocorreu nas horas mais quentes do dia.

Das 05:00 h às 08:00 h a temperatura externa atingiu os menores valores, e o ganho proporcionado pela estufa neste período foi sempre superior à 7,25 °C. Isso mostrou que, no período mais crítico, a estufa proporcionou um ganho significativo de temperatura.

Por meio da análise dos dados também foi possível verificar que mesmo nos períodos mais quentes da temperatura dentro da estufa, esta em nenhum momento passou da faixa mesofílica.

Considerando a temperatura da estufa e do biodigestor, na sua região intermediária, observou-se que estas se mantiveram próximas, sendo a média geral de diferença entre elas de apenas 1,08 °C.

Em geral, as maiores diferenças de temperatura aconteceram nas horas mais quentes do dia. Nas horas mais críticas, quando a temperatura da estufa atingiu seu menor valor, a diferença entre as temperaturas da estufa e do biodigestor foi baixa, em torno de 1 °C.

A Figura 5 apresenta a variação média da temperatura dentro da estufa em três pontos diferentes, sendo eles: temperatura estufa manhã, temperatura estufa médio e temperatura estufa tarde.

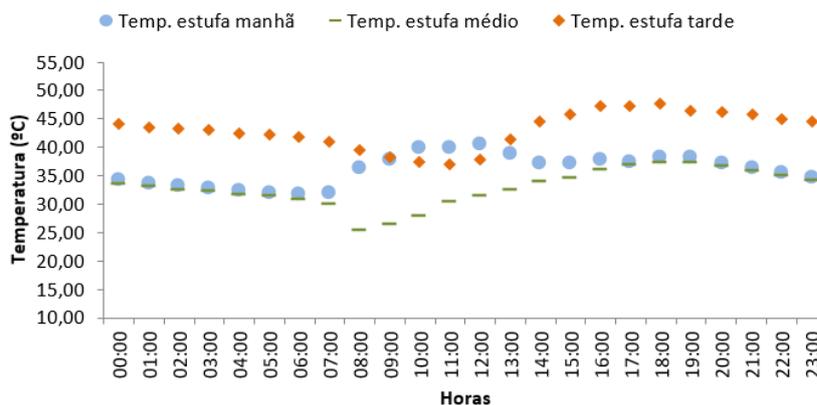


Figura 5. Variação média da temperatura dentro da estufa.

Por meio da verificação dos dados expostos percebeu-se que nos horários das 10:00 às 12:00 h a temperatura estufa manhã foi superior a temperatura estufa tarde, exatamente durante a incidência direta da radiação solar, diferentemente do observado no restante do dia. Isso indica que a parte do biodigestor voltado para o sol da tarde recebeu mais calor, o que resultou no aumento da temperatura desta região durante o restante do dia.

Em relação à temperatura estufa médio, observou-se que a temperatura aumentou gradativamente durante o período do dia, até as 19:00 h, quando o biodigestor recebeu a influência da insolação. Após as 19:00 h a temperatura passou a cair gradativamente, possivelmente, por efeito do resfriamento noturno até as 08:00 h quando se reiniciou o processo de aquecimento. Tanto o aquecimento quanto o resfriamento foram amenizados pela estufa de forma que as variações foram suaves e contínuas, sem observação de alterações bruscas.

Segundo Santos (2004), é importante evitar mudanças bruscas na temperatura, pois estas podem afetar o

desempenho da digestão adversamente, podendo até mesmo interromper a produção de biogás.

Produção de biogás em função da temperatura

A Figura 6 apresenta a média de produção de biogás (m^3) acumulado em cada um dos tratamentos relacionada a média de temperatura interna e externa do biodigestor.

Nota-se que a produção de biogás possivelmente foi influenciada pela variabilidade das temperaturas médias interna e externa ao biodigestor. Nos tratamentos 2 e 3 a carga orgânica alimentada não foi integralmente consumida porque a temperatura estava desfavorável e, a partir da normalização da temperatura no tratamento 4, houve uma produção compensatória de gás até que o excesso acumulado foi consumido e o biodigestor voltou a uma produção média em torno de $12 m^3$ por dia, a qual provavelmente é a capacidade esperada da carga orgânica alimentada para as condições do experimento.

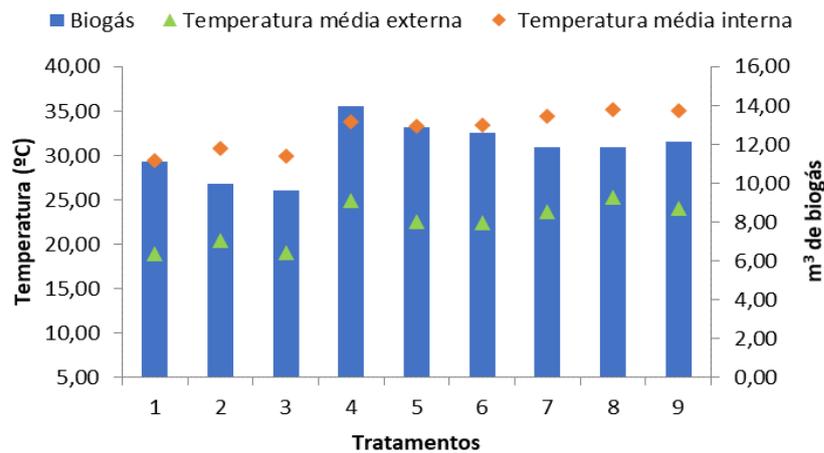


Figura 6. Média da produção de biogás acumulado em cada tratamento relacionada a média de temperatura interna e externa do biodigestor.

Produção de biogás

A produção média de biogás foi de 11,771 m³, com a mínima de 9,613 m³ e a máxima chegando a uma produção de 13,961 m³, como é possível observar na Figura 7. Estes resultados foram superiores aos encontrados por Weber et al. (2014), que obtiveram uma média de produção de 3,408 m³ dia, no período de verão, alimentando o mesmo biodigestor também com dejetos bovinos e também aos dados obtidos por Zschornack (2013), o qual alcançou

uma produção média de biogás de 4,63 m³, com a mínima de 0,018 m³ e a máxima de 8,92 m³, alimentando o biodigestor com dejetos bovinos e cama de aviário, no período de transição outono - inverno.

Suzuki (2012), utilizando somente cama de aviário na alimentação do biodigestor, encontrou produção média diária de 3,928 m³ de biogás, sendo esta inferior à obtida nesse estudo.

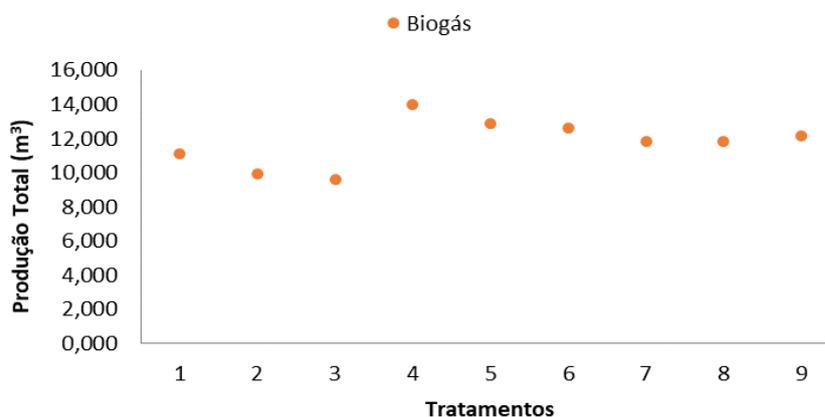


Figura 7. Produção média de biogás (m³) por tratamento.

Conclusões

A partir dos dados obtidos de temperatura média nas regiões internas do biodigestor, foi possível constatar que neste experimento os microrganismos atuaram na faixa mesofílica, na qual se tem a combinação das melhores condições para o bom desenvolvimento do processo.

Houve indicação de que a produção de biogás foi influenciada pela variabilidade da temperatura, porém a estufa instalada proporcionou que tanto o aquecimento quanto o resfriamento fossem amenizados e, assim, as variações de temperatura foram suaves e contínuas, sem alterações bruscas.

A capacidade média esperada de produção de biogás manteve-se em torno de 12 m³ por dia, de acordo com a carga orgânica alimentada e as condições do experimento.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa concedida.

Referências

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JUNIOR, J.; NASCIMENTO, A.A.; FERREIRA, D.S.; MACHADO, M.R.F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1897-1902, 2004.

AMORIN, A.C.; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K.T. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 16-24, 2004.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Bovinos e bubalinos**. Brasília, 2014.

CASTRO, L.R.; CORTEZ, L.A.B. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista**

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 1, p. 97-102, 1998.

CEPPA - Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. Universidade Federal do Paraná - UFPR. **Laboratório: físico-química de água e efluentes**. Curitiba, 2014.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2007. 379 p.

FARMNEWS. O canal de notícias da do agronegócio. **Maiores rebanhos e produtores de carne bovina do mundo**. 2017.

FEIDEN, A.; REICHL, J.; SCHWAB, J.; SCHWAB, V. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na produção de biogás a partir de águas residuárias de suinocultura. In: AGRENER GD 2004 - 5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída. 2004. **Anais**. Campinas: Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da UNICAMP/NIPE. 2004.

LETTINGA, G.; HULSHOF POL, L.W.; ZEEMAN, G. **Biological wastewater treatment**. Part I: Anaerobic wastewater treatment. Lecture Notes, Wageningen Agriculture University, ed January, 1996.

LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T.M.B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: Anais do Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola. Concórdia: CNPSA, p. 27-43, 2000.

MASSÉ, D.I.; MASSE, L.; HINCE, J.F.; POMAR, C. Psychrophilic anaerobic digestion biotechnology for swine mortality disposal. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 7307-7311, 2008.

MIRANDA, A.P.; AMARAL, L.A.; LUCAS JUNIOR, J. Influência da temperatura na biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos e suínos. In: X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino

Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, p. 2928-2931, 2006.

NOGUEIRA, L.A.H. **Biodigestão:** a alternativa energética. São Paulo: Nobel, 1986. 93 p.

QUADROS, D.G.; VALLADARES, R.; REGIS, U.; OLIVER, A.; SANTOS, L.S.; ANDRADE, A.P.; FERREIRA, E.J. Produção de biogás e caracterização do biofertilizante usando dejetos de caprinos e ovinos em biodigestor de pvc flexível. **In:** 4^o Congresso Internacional de Bioenergia e Congresso Brasileiro de Geração Distribuída e Energias Renováveis. Curitiba: UFPR, p. 1-10, 2009.

REIS, N.M.O.; ROSA, P.S.G.; BERNARDES, C.L.; CALDARA, F.R. Biodigestores: uma solução eficiente na proteção do meio ambiente. **In:** Anais – V Seminário UNIFENAS Rural. Alfenas: UNIFENAS, p. 24, 2007.

REUTER, A. **Wärme Von der Sonne.** Moosburg: Solarfreunde-Moosburg. Atualizado em 03/02/2003. 24 p.

SANTOS, J.H.T. **Avaliação de um sistema de aquecimento do substrato na biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos.** 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SCHLESINGER, S. **O gado bovino no Brasil.** 2009. 40 p.

SOUZA, C.F.; CAMPOS, J.A. Avaliação do tempo de retenção hidráulica, agitação e temperatura em biodigestores operando com dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1742-1745, fev. 2007.

SOUZA, C.F.; LUCAS JUNIOR, J.; FERREIRA, W.P.M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 530-539, 2005.

SUZUKI, A.B.P. **Geração de biogás utilizando cama de aviário e manipueira.** 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

TIETZ, C.M.; ZENATTI, D.C.; FEIDEN, A.; LUPATINI, K.N.; CORRÊIA, A.F. Influência da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 80-96, 2014.

WEBER, R. ZENATTI, D.C.; FEIDEN, A.; TIETZ, C.M. Produção de biogás com relação ao teor de sólidos voláteis dos dejetos de bovinocultura de leite. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 43-55, 2014.

ZSCHORNACK, A.F. **Balanço de massa de biodigestor modelo Biokohler alimentado com dejetos bovinos e cama de aviário no período de transição outono – inverno.** 2013. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2013.