

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

AVALIAÇÃO DE VARIAÇÕES TÉRMICAS EM BIODIGESTOR MODELO BIOKÖHLER NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO OUTONO – INVERNO¹

CLAUS UTECH², ARMIN FEIDEN², ALISSON FERNANDO ZSCHORNACK²,
DIEISSON GREGORY GRUNEVALD², SIDNEI GREGORIO TAVARES² E CAROLINE
MONIQUE TIETZ SOARES²

¹Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2017.

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE; Endereço: Rua Pernambuco, 1777, Centro, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. claus_zoo@hotmail.com, armin.feiden@gmail.com, alissonzschornack@hotmail.com, dieisson_dgg@hotmail.com, sidigt@yahoo.com.br, carol.tietz@hotmail.com

Resumo

O experimento foi realizado na Estação Experimental Antonio Carlos dos Santos Pessoa, que pertence à UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon, no período de maio a junho de 2013, período correspondente a transição de outono para inverno. O experimento teve como objetivo verificar a influência da variação da temperatura ambiente, na temperatura interna do biodigestor, e na produção de biogás. O biodigestor era alimentado com dejetos de bovinocultura de leite juntamente com cama de aviário em um biodigestor experimental contínuo do modelo Bioköhler, com capacidade de 20 m³. Avaliando os resultados obtidos observou-se que as temperaturas externas ao biodigestor pouco influenciaram na temperatura interna, e não apresentando coerência com a produção de biogás. O fator encontrado que interferiu na produção de biogás foi as altas precipitações pluviométricas, porém exigem mais estudos para serem melhores explicados.

Palavras-chave: digestão anaeróbia, fase mesofílica, biogás.

EVALUATION OF THERMAL VARIATIONS IN DIGESTER MODEL BIOKÖHLER FED DURING THE TRANSITION PERIOD AUTUMN - WINTER

Abstract

The experiment was conducted at the Experimental Station of Antonio Carlos Santos Pessoa who belongs to UNIOESTE – Campus Marechal Cândido Rondon, in the period May-June 2013, a period corresponding to the transition from fall to winter. The experiment aimed to verify the influence of ambient temperature variation, the internal temperature of the digester, and biogas production. The digester was fed with waste from dairy cattle along with poultry litter in a continuous digester experimental model Bioköhler with capacity of 20 m³. Evaluating the results it was observed that temperatures outside the digester little influence on the inside temperature, and showing no consistent with the production of biogas. The factor found to interfere with the production of biogas were the high rainfall, but require more studies to be better explained.

Keywords: anaerobic digestion, mesophilic phase, biogas.

Introdução

De acordo com os dados mais recentes apontados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção total de leite registrada pela Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) foi de 32 bilhões de litros em 2011, apresentando um aumento de 4,5% em relação a 2010. Os estados que se destacam são: Minas Gerais, com participação de 27,3% na produção, seguido pelo Rio Grande do Sul (12,1%), Paraná (11,9%) e Goiás (10,9%), que juntos concentram 62,1% do leite produzido no país (CONSELEITE, 2012).

A atividade leiteira pode ser encontrada em todos os municípios paranaenses, representando grande importância econômica e social para o estado. De acordo com Volpi (2008), no Paraná existem mais de 100 mil produtores de leite, sendo eles classificados entre pequenos, médios e grandes produtores, os quais encontram no leite o principal empreendimento financeiro.

Com o crescimento acelerado da produção de leite a agropecuária passou por um rápido avanço tecnológico, que resultou na elevação dos impactos ambientais, tornando-se fundamental a implantação de políticas de produção e ampliação dos estudos para desenvolver sistemas de produção mais próximos da sustentabilidade (AMORIN et al., 2004; SOUZA e CAMPOS, 2007).

Os resíduos orgânicos gerados pela agropecuária leiteira são denominados biomassa. Esta, se manejada de forma errada, pode se transformar em problema para o ambiente, contaminando o meio. Porém, todo resíduo pode ser manejado e ter seu descarte minimizado, reduzindo a taxa de contaminação (PREZZOTO, 1992; GENEROSO, 2001).

Segundo Campos (2003), os dejetos manejados de forma inadequada podem resultar em graves problemas ambientais, sendo considerados em alguns países a maior fonte de contaminação dos recursos hídricos, superando até a causada por indústrias.

Se manejados e reciclados adequadamente, os resíduos gerados pela atividade leiteira passam de poluentes a insumos para a produção agrícola sustentável. Por isso, na atividade leiteira com os animais mantidos no sistema semi-confinado ou confinado, deve-se planejar a melhor forma de tratamento dos dejetos, para seu aproveitamento (CAMPOS, 2001).

A biodigestão anaeróbia é uma eficiente alternativa para o tratamento de resíduos da pecuária leiteira, pois além de reduzir o potencial poluidor e os riscos sanitários dos dejetos ao mínimo, também gera o biogás (fonte de energia alternativa) e realiza a reciclagem do efluente, transformando-o em biofertilizante (AMARAL et al., 2004).

O biogás é composto basicamente por dois gases, o metano (CH_4), entre 60 a 70% da mistura, e o dióxido de carbono (CO_2) com 30 a 40%. Em menores proporções também estão presentes o nitrogênio (N_2) com 3 a 4%, o oxigênio (O_2) com 0,5% e traços de hidrogênio (H_2) e ácido sulfídrico (H_2S) (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

De acordo com Deublein e Steinhauser (2008), o metano é um gás com alto poder de combustão (inflamável), o qual quando queimado produz chama azul-clara e gera pouca ou nenhuma poluição. É um gás incolor, e quanto maior for a proporção de metano no biogás, melhor será a qualidade do biogás.

A eficiência da biodigestão pode ser comprometida por diversos fatores, sendo a temperatura um dos principais, pois influencia diretamente a atividade microbiana e a velocidade das reações bioquímicas (MIRANDA et al., 2006).

Este trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar a influência das variações na temperatura na produção de biogás durante o processo de biodigestão anaeróbia de dejetos da bovinocultura leiteira com cama de aviário.

Materiais e Métodos

A pesquisa foi realizada no período de 06/05/2013 à 23/06/2013 (período equivalente à transição outono - inverno), na Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, localizada na cidade de Marechal Cândido Rondon/PR (Linha Guará), pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon.

O biodigestor utilizado para o desenvolvimento da pesquisa era do modelo Bioköhler (Figura 1), também denominado Up-flow anaerobic digester, sendo seu sistema de alimentação contínuo (MARI et al., 2014).

Figura 1. Biodigestor Bioköhler



O biodigestor possuía câmara de biodigestão em fibra de vidro, sendo formada pela união de duas caixas d'água de 10.000 litros cada, sendo que uma caixa d'água era normal, possuindo fundo plano e a outra, arredondado.

As duas caixas eram reforçadas por cintas, para suportar a pressão hidráulica do líquido e do gás. A capacidade da câmara de biodigestão era de 20 m³, sendo seu volume útil de aproximadamente 19,56 m³. As caixas estavam instaladas no sentido vertical, uma sobre a outra.

Os afluentes e o biogás eram canalizados subterraneamente para a proteção de qualquer impacto que possa danificá-los.

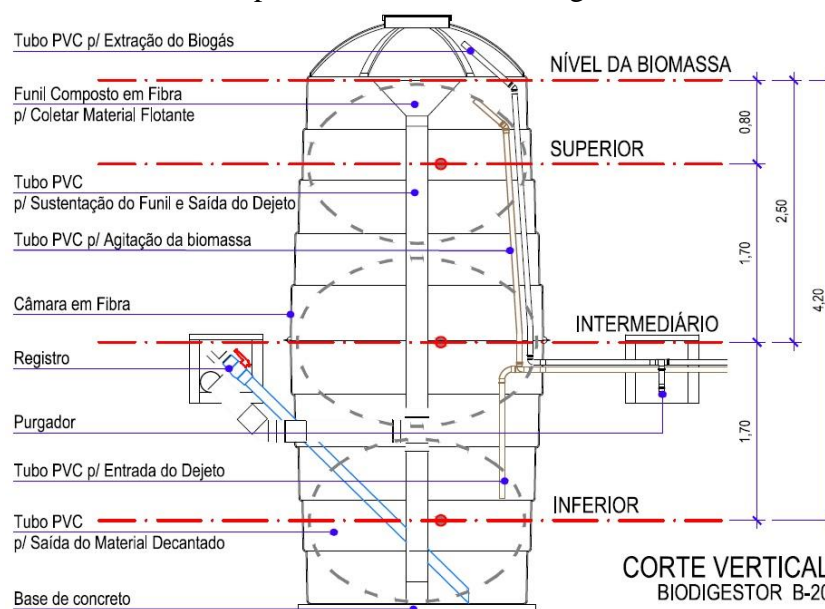
Os dejetos bovinos eram raspados da sala de alimentação, em seguida diluídos com água e então através do encanamento presente na estação escorriam até a caixa de alimentação do biodigestor através da própria gravidade.

Na caixa de alimentação foram adicionados diariamente 30 Kg de cama de aviário para otimizar a produção de biogás. A cama de aviário era homogeneizada com os dejetos e, em seguida, realizava-se a alimentação.

O biodigestor era alimentado de segunda a sábado, durante todo o período do experimento, às 11:00 horas.

A temperatura interna do biodigestor foi registrada todos os dias através de um registrador FieldLogger (marca Novus), o qual armazenava os dados de temperatura em 3 diferentes níveis de profundidade. Em cada nível existia um termopar tipo J (total de 3 termopares), sendo o termopar superior (termopar_P) colocado a 80 cm abaixo do nível máximo da biomassa em fermentação, o intermediário (termopar_M) a 2,50 m e o inferior (termopar_G) a 4,20 m (Figura 2).

Figura 2. Localização dos termopares superior, intermediário e inferior da medição da temperatura interna do biodigestor



Fonte: Tietz (2013).

O registrador FieldLogger possuía um programa próprio, o qual possibilitava a elaboração de gráficos e relatórios dos dados registrados pelo equipamento.

A temperatura ambiente e os valores referentes à precipitação pluviométrica foram transmitidos pela Estação Climatológica Automática de Marechal Cândido Rondon/PR, código A 820, localizada na estação experimental. As temperaturas foram medidas por um sensor de temperatura do ar, elemento sensível sensor resistivo de platina Pt 100, da marca Vaisala, modelo HMP45A, classe B, com temperatura de operação de - 40 a + 60 °C.

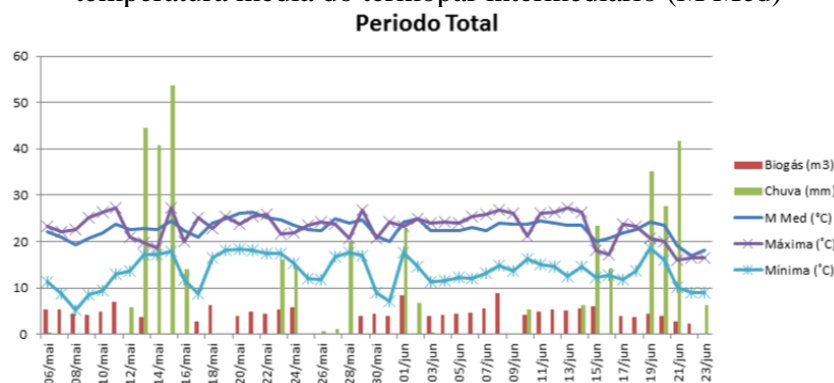
As temperaturas ambientes cedidas foram: máximas, mínimas e médias de cada dia do experimento.

Outra variável analisada foi a quantidade de biogás produzido pelo biodigestor em m³. O aparelho utilizado para medir a produção de biogás foi um gasômetro, modelo G 0,6, fabricado pela LAO Indústria e projetado para medição de consumo doméstico de gás natural, GLP ou manufaturado, provido de um sistema de irreversibilidade, evitando a totalização da produção de gás no sentido contrário ao da instalação. A leitura do medidor de gás foi realizada diariamente de segunda a sábado, às 11:00 horas, antes de alimentar o biodigestor, sua marcação foi feita de maneira contínua, sendo a produção de biogás diária registrada de forma manual.

Resultados e Discussão

Na Figura 3 estão representados os valores referentes à produção de biogás, chuvas e temperaturas, durante as sete semanas do experimento. Sendo a temperatura “M Med (°C)” referente ao termopar intermediário, e as temperaturas Máxima e Mínima (°C) referentes a temperatura ambiente (externa ao biodigestor).

Figura 3. Produção de biogás, chuvas, temperaturas ambiente máximas e mínimas, e temperatura média do termopar intermediário (M Med)



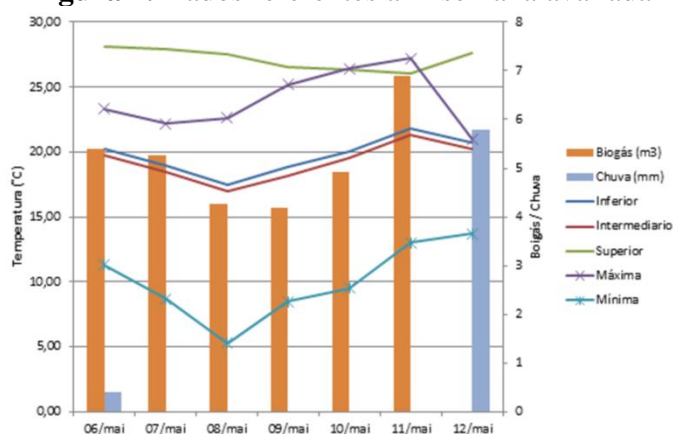
De acordo com Singh e Anand (1994), existem basicamente duas faixas de temperatura que apresentam condições ótimas para a produção de biogás, a mesofílica e a termofílica. A faixa mesofílica está entre 20 °C e 40 °C e sua temperatura ótima entre 30 °C e 35 °C (SINGH e ANAND, 1994).

Chernicharo (2007) relata três faixas de temperatura onde o crescimento microbiano é possível, sendo elas: faixa psicrófila (entre 0 e 20 °C), mesófila (entre 20 e 45 °C) e termófila (entre 45 e 70 °C). Em cada uma dessas faixas são associados três valores de temperaturas: temperaturas máximas e mínimas, as quais definem os limites da faixa de temperatura em que o crescimento microbiano é possível, e a temperatura ótima, cujo crescimento é máximo.

Segundo Tietz (2013), a faixa ideal para otimizar a digestão anaeróbia dentro da faixa mesofílica é entre 30 e 35 °C. Na Figura 3 pode-se observar que a média diária do termopar intermediário (M Med) não atingiu a temperatura mínima ideal para o funcionamento do biodigestor. A média encontrada foi de 22,74 °C, porém permaneceu dentro da faixa mesofílica e muito próxima ao limite mínimo.

A taxa de crescimento microbiano em temperaturas próximas à mínima é baixa, porém aumenta gradativamente com o acréscimo da temperatura, atingindo o máximo crescimento na faixa de temperatura ótima, e caindo bruscamente com um aumento de alguns poucos graus (CHERNICHARO, 2007).

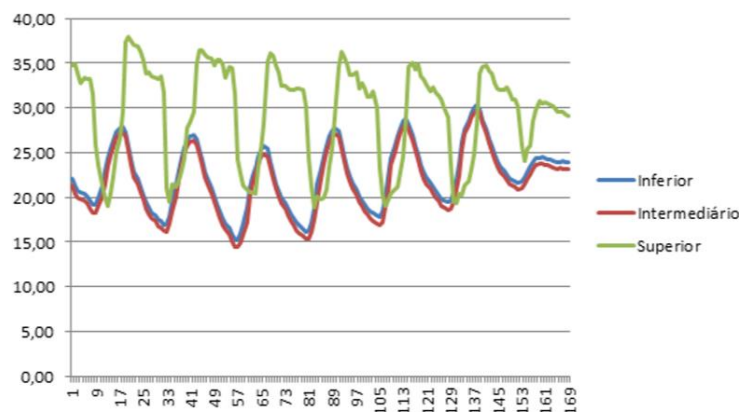
Relacionando ao exposto anteriormente, observa-se na Figura 4 os dados encontrados na pesquisa de forma semanal.

Figura 4. Dados referentes a 1ª semana avaliada

Na primeira semana avaliada a média de produção de biogás foi de 5,15 m³/dia, chuvas totalizando apenas 6,2 mm/semana. Os termopares intermediário e inferior apresentaram temperaturas que acompanham a produção de gás, assim como as temperaturas mínima e máxima externas ao biodigestor. Notou-se uma elevação na produção de biogás no dia 11/maio, que resultou do fato de as temperaturas dos termopares intermediário e inferior terem ultrapassado o limite mínimo para a fase metanogênica (20 °C).

Referente ao mesmo período segue a Figura 5, demonstrando o comportamento das temperaturas dos três termopares.

Figura 5. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor referentes à primeira semana



Na segunda semana (Figura 6) ocorreu uma grande queda na produção de gás, apresentando média de $2,16 \text{ m}^3/\text{dia}$. Nesse período ocorreram fortes chuvas, totalizando $153,2 \text{ mm}$, fator esse que interferiu na produção de biogás. As temperaturas tanto internas (Figura 7), quanto externas ao biodigestor não apresentaram relação com a produção de gás.

Figura 6. Dados referentes à 2ª semana avaliada

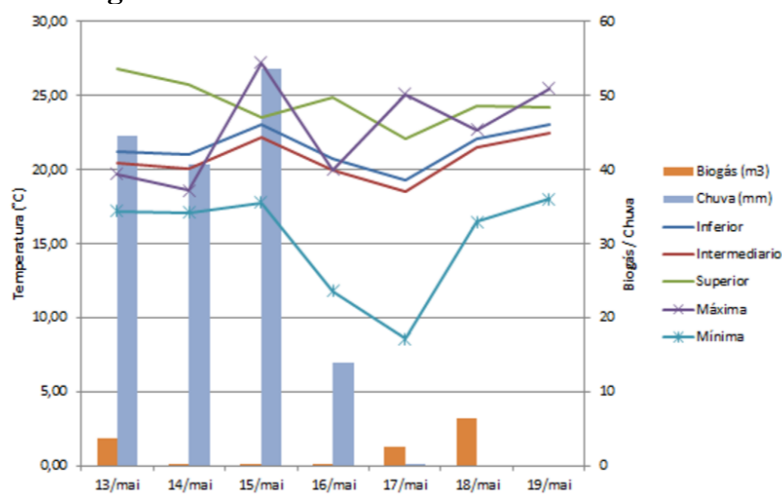
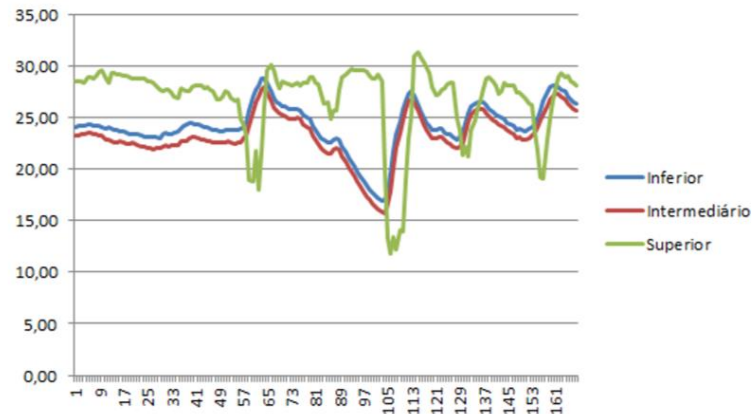


Figura 7. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor referentes à segunda semana



No período da terceira semana avaliada (Figura 8) a média de produção de biogás foi de 4,05 m³/dia. As temperaturas dos três termopares (inferior, intermediário e superior) (Figura 9) apresentaram-se acima da faixa limitante, acompanhando a queda de temperatura apresentada pela temperatura mínima externa ao biodigestor. As chuvas nesta semana totalizaram 31,6 mm.

Figura 8. Dados referentes à 3ª semana avaliada

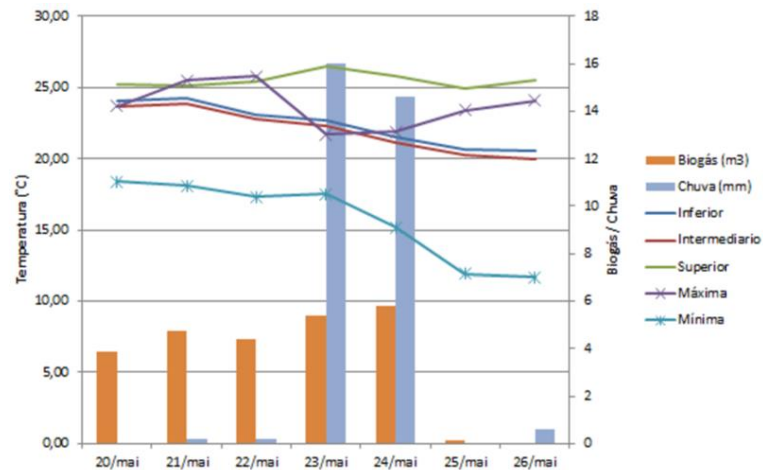
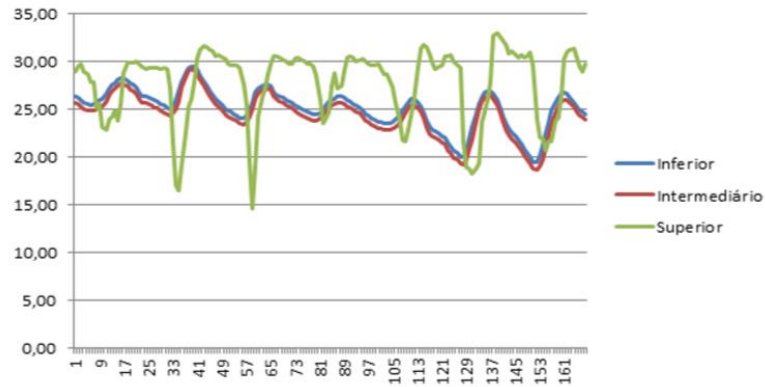


Figura 9. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor durante à terceira semana



A quarta semana (Figuras 10 e 11) iniciou com baixa produção de biogás, dando coerência com a produção dos últimos dias da semana anterior, porém a partir do dia 29/maio apresentou produção satisfatória, devido à elevação das temperaturas, sendo que a temperatura mínima externa ao biodigestor passou de 7,1 °C para 17,7 °C e a média do termopar intermediário de 17,50 °C para 21,91 °C, favorecendo a produção de biogás.

Figura 10. Dados referentes à 4ª semana avaliada

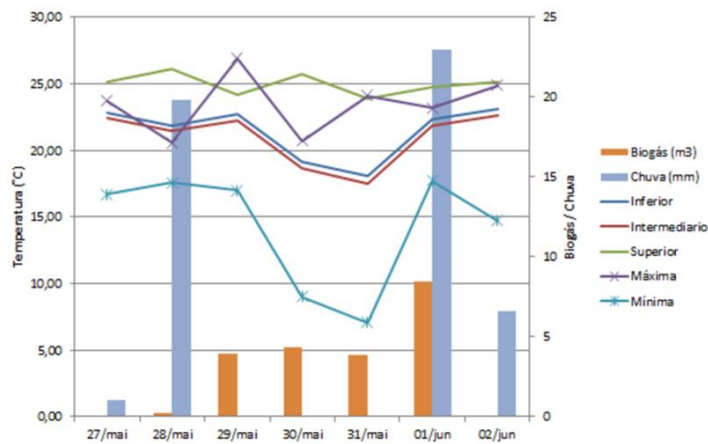
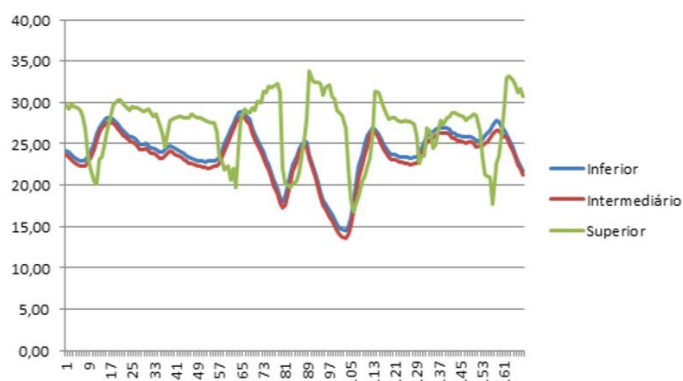


Figura 11. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor referente à quarta semana.



A quinta semana (Figura 12) apresentou a média de produção/dia de biogás mais alta do período de experimento, sendo de 5,28 m³. Nesta semana as médias dos termopares inferior e intermediário (Figura 13) ficaram acima de 20 °C, e com o aumento das temperaturas dos termopares e também da temperatura externa ao biodigestor ocorreu uma elevação significativa na produção de biogás no dia 08/junho, mesmo não estando na faixa ideal de temperatura.

Figura 12. Dados referentes a 5^a semana avaliada

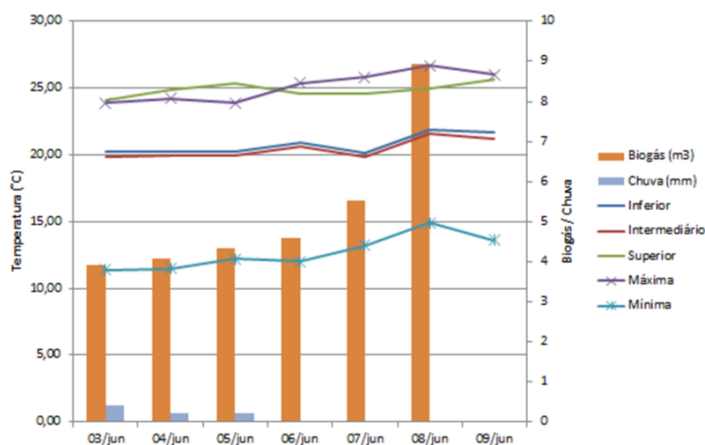
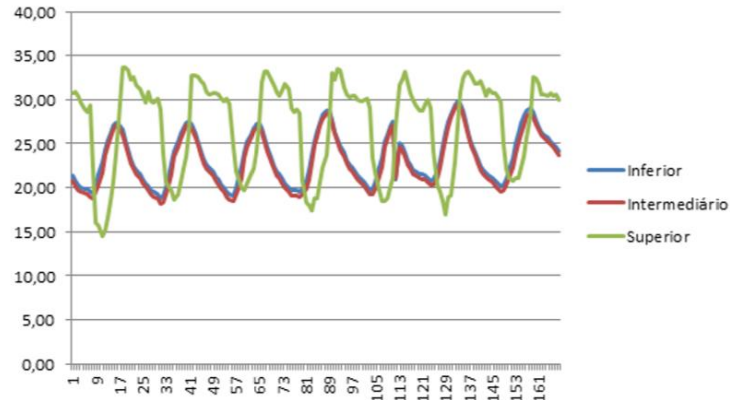


Figura 13. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor referente à quinta semana



Durante a sexta semana do experimento (Figuras 14 e 15), as temperaturas dos termopares intermediário e inferior, se mantiveram acima de 20 °C até o dia 14/junho, favorecendo às condições mesofílicas, assegurando uma média de 5,21 m³ de biogás/dia. Nessa semana as chuvas totalizaram 49,2 mm, mas não interferiram na média de produção de biogás por terem ocorrido em maiores quantidades nos últimos dias da semana.

Figura 14. Dados referentes à 6ª semana avaliada

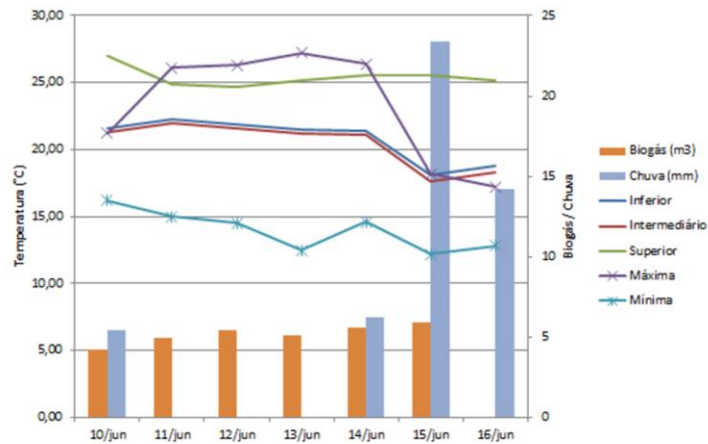
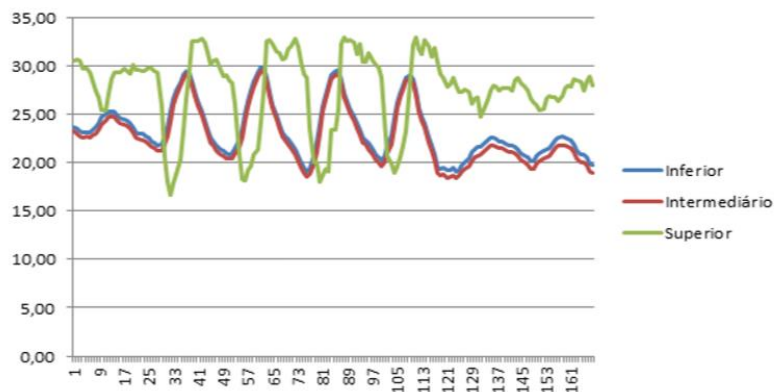


Figura 15. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor referente à sexta semana



A sétima semana (Figuras 16 e 17) apresentou uma queda na produção de biogás em relação as duas semana anteriores (Figuras 12 e 14), apresentando uma média de 3,46 m³/dia, isso se deve às baixas temperaturas, sendo que o termopar intermediário apresentou uma média de 18,52 °C, e também às chuvas.

Figura 16. Dados referentes à 7ª semana avaliada

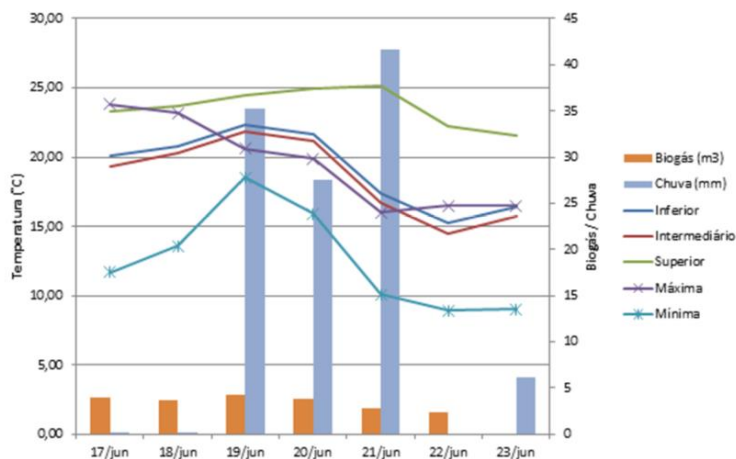
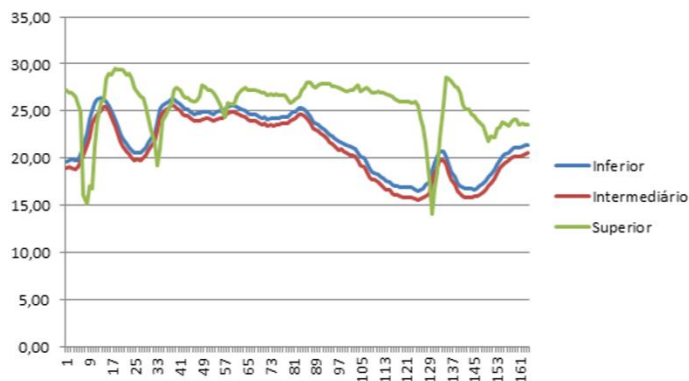


Figura 17. Comportamento das temperaturas internas do biodigestor referente à sétima semana



Nas Figuras 18 e 19 estão apresentados os comportamentos internos diários registrados pelos 3 termopares (superior, intermediário e inferior), dando uma noção do que pode acontecer no interior do biodigestor em dias cuja produção de biogás é alta e baixa.

Figura 18. Temperaturas internas ao biodigestor referentes ao dia 11/05/2013

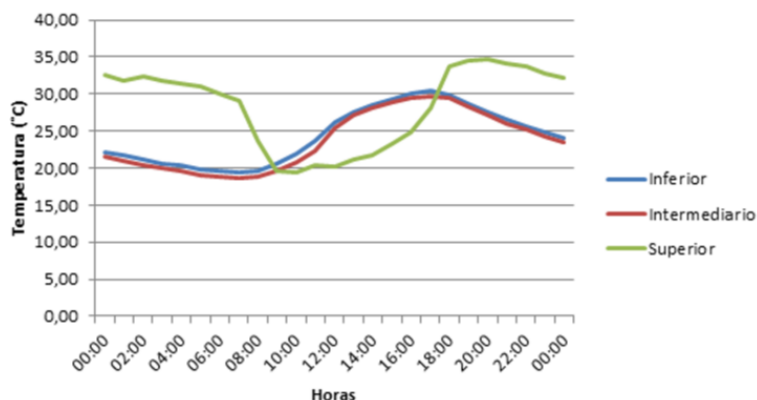
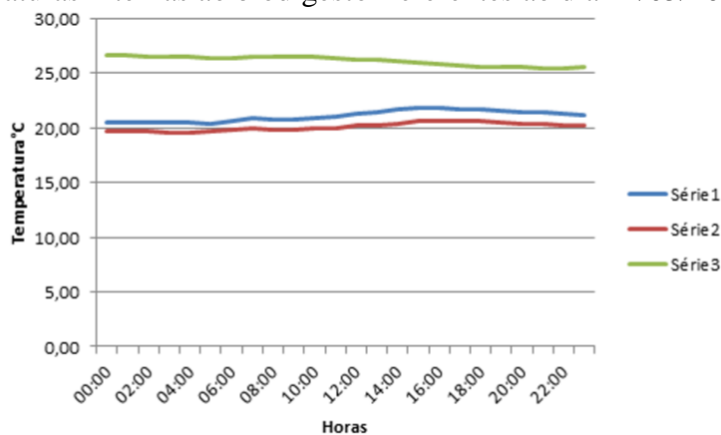


Figura 19. Temperaturas internas ao biodigestor referentes ao dia 14/05/2013



No dia 11/05/2013 (Figura 18) a produção de biogás foi considerada boa, sendo registrados $6,90 \text{ m}^3$, já a produção do dia 14/05/2013 foi de apenas $0,02 \text{ m}^3$. Pode-se notar que na Figura 18 ocorreu uma variação das temperaturas, de modo que o termopar superior se comportou de maneira inversa aos termopares intermediário e médio.

Entre às 9:00 e 10:00 horas, os 3 termopares se encontraram na mesma faixa de temperatura, em seguida o termopar superior apresentou queda e os termopares intermediário e inferior sofreram elevação, voltando a se encontrar na mesma faixa de temperatura às 18:00 horas.

Os termopares intermediário e inferior apresentaram uma elevação das temperaturas a partir das 10:00 horas, atingindo o ponto máximo às 18:00 horas.

De acordo com Toffoli (2008), em biodigestores verticais ocorre uma mistura interna do fluido em fermentação, essa mistura acontece devido a uma corrente de convecção que se estabelece no interior do biodigestor.

Quando se aquece um fluido, de início só a área próxima à fonte de calor se aquece, fazendo com que ocorra um aumento no seu volume gerando uma agitação das partículas. Isso faz com que a densidade dos fluidos diminua nessa região. Dessa forma os fluidos menos densos tendem a subir, gerando assim uma corrente ascendente (TOFFOLI, 2008).

O fato citado pelo autor acima é o que se notou na Figura 18. Durante o dia a radiação solar e as temperaturas externas aqueceram a parte externa do biodigestor, porém os termopares não captaram essa mudança de temperatura instantaneamente, pois se localizavam mais próximos ao centro do biodigestor e, devido o fluido ser espesso e tendendo a pastoso (levemente pastoso), essa temperatura demorou algumas horas até ser registrada pelos termopares, ou seja, demoraram algumas horas até que o interior do biodigestor ficasse aquecido.

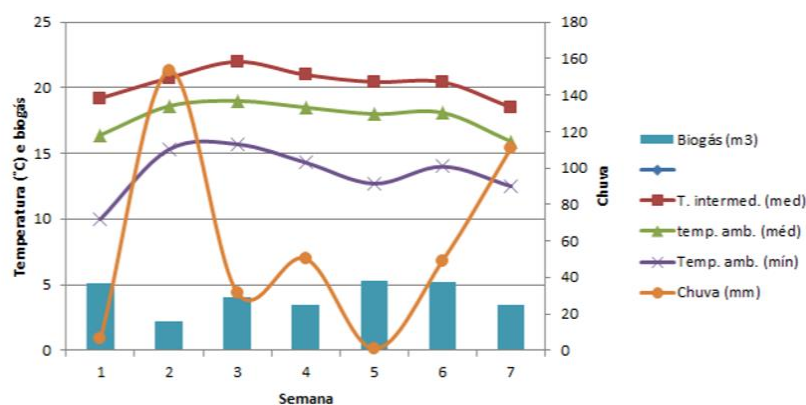
No interior do biodigestor o fluido em contato com extremidade superior se aqueceu durante o dia, aquecendo aos poucos o centro, e ao final da tarde este fluido em contato com a extremidade superior começou a se esfriar devido às temperaturas externas.

O termopar superior iniciou uma acentuada queda de temperaturas a partir das 8:00 horas, atingindo entre às 10:00 e 11:00 horas as temperaturas mais baixas, em seguida, a temperatura voltou a subir gradativamente até atingir o máximo por volta das 20:00 horas. Nesse momento as extremidades externas do biodigestor já estavam esfriando, mas da mesma forma as temperaturas demoraram a chegarem ao centro do biodigestor.

Na mesma imagem (Figura 18), os termopares intermediário e inferior começaram a iniciar elevações nas temperaturas a partir das 10:00 horas, até às 18:00 horas, em seguida iniciou-se a queda da mesma, tendo uma relação inversa ao termopar superior. Isso ocorreu devido à corrente de convecção.

Representando o dia 14/05/2013, a Figura 19 mostrou que não ocorreram alterações significantes nas temperaturas internas do biodigestor. Nesse dia as chuvas totalizaram 40,8 mm. A produção de biogás foi extremamente baixa, pois os dias anteriores foram chuvosos, fator esse que interferiu na produção de biogás.

Figura 20. Médias das 7 semanas avaliadas



Para um entendimento do ocorrido em todo o período, tem-se acima a Figura 20 mostrando as médias da produção de biogás/semana (Biogás (m³)), o total de chuva/semana (Chuva (mm)), as temperaturas ambientes mínimas (Temp. amb. (mín)) e médias (Temp. amb. (méd)), e as médias do termopar intermediário (T. intermed. (med)).

Pode-se notar que as temperaturas ambientes (máxima e mínima) apresentaram médias abaixo dos 20 °C, porém o termopar intermediário apresentou média pouco acima dos 20 °C, que de acordo com Singh e Anand (1994), sistemas mesofílicos são muito sensíveis às variações da temperatura ambiente, podendo cessar a produção de biogás no período de inverno ou em climas frios.

Chernicharo (2007) afirma que a faixa mesofílica é entre 20 e 45 °C e, a essa faixa de temperatura, são associados três valores para caracterização do crescimento dos microorganismos: temperaturas máximas e mínimas, as quais definem os limites da faixa de temperatura em que o crescimento é possível e a temperatura ótima, cujo crescimento e eficiência são máximos.

As precipitações pluviométricas (chuvas) foram os fatores que mais interferiram na produção de biogás, como se pode observar na Figura 20.

A 5ª semana teve a melhor média de produção de biogás, a qual foi de 5,28 m³ por dia, e chuvas totalizando apenas 0,8 mm. Em segundo lugar ficou a 6ª semana, com 5,21 m³ por dia, e chuvas totalizando 49,2 mm, porém as chuvas não influenciaram nas médias, pois ocorreram no final da semana. Em terceiro lugar ficou a 1ª semana, com média de 5,15 m³ de biogás por dia e apenas 6,2 mm de chuva. Em quarto lugar ficou a 3ª semana, com média de 4,05 m³ de biogás por dia e um total de 31,6 mm de chuva. Em quinto lugar a 4ª semana, com 3,48 m³ de biogás por dia e um total de 50,4 mm de chuva. Em sexto lugar ficou a 7ª semana, com 3,46 m³ de biogás por dia, com um total de 111 mm de chuva. Por último a 2ª semana, com apenas 2,16 m³ de biogás por dia e um total de 153,2 mm de chuvas.

A produção de biogás para todo o período avaliado apresentou média de 4,11 m³ por dia, mesmo com temperaturas baixas. Comparados com Weber (2013), os resultados de produção de biogás foram satisfatórios, pois o autor encontrou valor médio de 3,38 m³ por dia utilizando somente dejetos de bovinos leiteiros.

Ficou claro dessa forma que as chuvas trouxeram grandes influencias na produção de biogás, afetando essa produção até 3 dias após a última chuva.

Conclusões

Através dos dados obtidos nas três regiões internas do biodigestor (superior, intermediária e inferior) e nas temperaturas externas, foi observado que para a média do período total as temperaturas permaneceram paralelas. O termopar superior sofreu grandes variações durante o período devido às condições climáticas.

A média das temperaturas se manteve próxima aos 20 °C, a qual é considerada a faixa limitante para as bactérias mesofílicas. Apesar disto houve uma produção de biogás considerável.

As temperaturas não foram o fator determinante para a produção de gás, e sim sendo a chuva o fator que mais interferiu.

Para a obtenção de dados mais precisos em relação às temperaturas internas seria importante a presença de mais termopares no interior do biodigestor, fornecendo assim dados suficientes para avaliar com precisão os eventos ocorridos.

Outra questão levantada foi o resfriamento noturno e, para amenizar esse problema, poderia ser implantada uma estufa sobre a câmara de biodigestão, anulando ou amenizando este fator indesejável.

São necessários mais estudos para avaliar com maior precisão a influência das chuvas na produção de biogás.

Referências

AMARAL, C.M.C.; AMARAL, L.A.; LUCAS JÚNIOR, 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. **Revista Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1897-1902, 2004.

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

CAMPOS, A.T. **Tratamento de dejetos bovinos**. Embrapa Gado de Leite. Instrução Técnica Para o Produtor de Leite. 2001.

CAMPOS, A.T. **Tratamento de águas residuais em sistema intensivo de produção de leite**. Embrapa Gado de Leite, p. 1-5, 2003.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. 2 ed. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5, 380 p. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

CONSELEITE – RS. 2012. **Produção de Leite/IBGE**. Disponível em: <<http://www.conseleite.com.br/?p=noticias&id=1143&ano=2012&mes=11>>. Acesso em: 30 set. 2013.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim-Germany: Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

GENEROSO, F.B. **Quantificação e caracterização de dejetos produzidos em propriedade com exploração leiteira para uso em biodigestores e reciclagem de nutrientes**. 2001. 66 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

MARI, A. G.; SECCO, D.; KUNZ, A.; EDWIGES, T.; MARI JUNIOR, A.; FRIGO, E. P.; ALVES, H. J. Performance of up-flow anaerobic digester in solids removal and biogas production. **International Journal of Food, Agriculture and Environment (Online)**, v. 12, p. 1135-1139, 2014.

MIRANDA, A.P.; AMARAL, L.A.; LUCAS JÚNIOR, 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.

PREZZOTO, M.E.M. Química ambiental e agrônômica. **In:** Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Piracicaba. Anais... p. 157178. 1992.

SINGH R.; ANAND R.C. Comparative performances of Indian small solid-state and conventional anaerobic digesters. **Bioresource Technology**, v. 47, p. 235-238. 1994.

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, 2007.

TIETZ, C.M. **Influência da temperatura na produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite**. 2013. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Biocombustíveis) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2013.

TOFFOLI, L. **Corrente de convecção**. Termodinâmica. InfoEscola. 2008. Disponível em <<http://www.infoescola.com/termodinamica/corrente-de-conveccao/>>. Acesso em: 30 set. 2013.

VOLPI, R.; DIGIOVANI, M.S.C. **Aspectos econômicos da produção e dados estatísticos**. FAEP - Federação da Agricultura do Estado do Paraná. Boletim Informativo nº 997, março de 2008.

WEBER, R. **Produção de biogás com relação ao teor de sólidos voláteis e à densidade dos dejetos de bovinocultura de leite**. 2013. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Biocombustíveis) - Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2013.