

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS**

**INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA
AMBIENTE NA CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS
DE BOVINOCULTURA DE LEITE E CAMA DE AVIÁRIO**

Aluna: Giovana Giacobbo
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dilcemara
Cristina Zenatti

PALOTINA – PR
Agosto de 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS**

**INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA
AMBIENTE NA CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS
DE BOVINOCULTURA DE LEITE E CAMA DE AVIÁRIO**

Aluna: Giovana Giacobbo
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dilcemara
Cristina Zenatti

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Superior de
Tecnologia em Biocombustíveis –
UFPR/Setor Palotina, como requisito
parcial para obtenção do grau de
Tecnólogo em Biocombustíveis.

PALOTINA – PR
Agosto de 2013

“A MENTE QUE SE ABRE A UMA
NOVA IDEIA, JAMAIS VOLTARÁ
AO SEU TAMANHO ORIGINAL.”

Albert Einstein

A Deus,
quando me senti desacreditada e perdida em meus ideais e objetivos, me fez
vivenciar a maravilha da formação.

Aos meus pais Vitor Giacobbo e Eva Danelichen,
por sempre terem incentivado e acreditado na importância da educação, que
nunca duvidaram que eu pudesse alcançar meus objetivos, pelos momentos de
amor e carinho que dedicaram toda minha vida.

Ao meu namorado João Luiz Cassanelli,
pela confiança que me passou durante todo o experimento, amor, carinho e
dedicação em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A minha família, Vitor, Eva, William e Franciele e demais familiares, que me ajudaram de alguma maneira na realização deste trabalho, pelas orações e o tempo que dedicaram a mim.

Ao meu namorado João, que inúmeras vezes dispôs do seu tempo para me ajudar, me acompanhar na estrada, força e incentivo, quando parecia estar sem chão.

A Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, pela oportunidade de aprender e crescer, no período acadêmico.

A minha professora e orientadora Dilcemara Cristina Zenatti, pelos ensinamentos transmitidos e orientação durante este trabalho, pela confiança no trabalho desenvolvido.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *Campus* Marechal Cândido Rondon, permitiu realizar meu estágio e este experimento. Aos funcionários da Estação Experimental, pela ajuda.

Ao Prof. Armin Feiden, pela disposição, ajuda e dedicação sempre que precisei e também pela confiança durante o trabalho desenvolvido. Ao Prof. Élcio, por ter cedido os dados meteorológicos.

Aos amigos Milton e Karlin pela ajuda durante o estágio e o experimento, ao Fábio pelas caronas, ao Eduardo pela sua amizade. Acima de tudo, pelos momentos de descontração que tivemos durante a vida acadêmica juntos.

Aos amigos, colegas e demais professores não citados anteriormente, mas que me acompanharam e ensinaram durante toda a vida acadêmica.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL.....	3
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 MEIO AMBIENTE	4
3.2 BIODIGESTOR	5
3.3 BIOGÁS.....	5
3.4 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA	6
3.4.1 Hidrólise.....	8
3.4.2 Acidogênese	8
3.4.3 Acetogênese.....	9
3.4.4 Metanogênese	9
3.5 SUBSTRATOS	9
3.5.1 Dejeito bovino	10
3.5.2 Cama de aviário.....	11
3.6 FATORES QUE INFLUENCIAM A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA	12
3.6.1 Temperatura	12
3.6.2 Tempo de detenção hidráulica.....	12
3.6.3 Relação carbono/nitrogênio	13
3.6.4 Outros fatores	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	14

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÃO	26
7. REFERÊNCIAS	27

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Biodigestão anaeróbia da matéria orgânica	7
FIGURA 2 – Câmara de biodigestão	14
FIGURA 3 - Câmara de abastecimento.....	15
FIGURA 4 – Estábulo e cama de aviário.....	16
FIGURA 5 - Estação climatológica automática.....	17
FIGURA 6 - Região dos termopares no biodigestor	17
FIGURA 7 - Registrador eletrônico.....	18
FIGURA 8 - Medidor de gás	18
FIGURA 9 – Variação média diária da temperatura interna e externa ao biodigestor	19
FIGURA 10 - Temperatura média semanal às 01:00 (A), 09:00 (B) e 17:00 (C) horas	22
FIGURA 11 - Média da produção de biogás semanalmente, comparando à média da temperatura interna e externa ao biodigestor.....	23

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Diferentes substratos para biodigestores e sua conversão em biogás.	10
TABELA 2 - Temperatura externa mínima, máxima e variação diária de temperatura de cada dia da 2ª semana.....	24
TABELA 3 – Temperatura externa mínima, máxima e variação diária de temperatura de cada dia da 6ª semana.....	25

RESUMO

Os resíduos agropecuários vêm aumentando a cada dia, os quais têm sido um grande problema, pois os mesmos são fonte de poluição ambiental e vetores na transmissão de doenças. Uma das soluções para estes resíduos é tratá-los em biodigestores, com a possibilidade de gerar energia além do biofertilizante. Estes sistemas já estão sendo adotados por alguns produtores com boas perspectivas de incentivos e desenvolvimento para tal tecnologia. O presente trabalho teve como objetivo, verificar a influência da variação da temperatura ambiente na produção de biogás com utilização de dejetos de bovinocultura de leite e cama de aviário em um biodigestor experimental contínuo da marca BioKöhler. O trabalho foi realizado na Estação Experimental Antonio Carlos dos Santos Pessoa, que pertence à UNIOESTE – *Campus* de Marechal Cândido Rondon, entre o período de maio a junho de 2013. Como resultado tem-se que a maior produção de biogás foi encontrada na 6ª semana, sendo de 4,68 m³ e a média da temperatura externa foi de 18,58 °C, observou-se que a temperatura externa ao biodigestor influencia na temperatura interna, alterando conseqüentemente a produção de biogás.

Palavras-chave: biogás, biodigestor, tratamento de dejetos.

1. INTRODUÇÃO

Com a interferência do homem na natureza, os problemas ambientais tem aumentado, dentre eles a poluição, alteração climática, destruição de habitat natural, entre outros. O ser humano já se utilizou muito de recursos não renováveis, porém com o passar do tempo viu-se na obrigação de mudar isto, procurando fontes de energia limpa e renovável (PRADO *et al.*, 2012).

A energia que se obtém através dos recursos naturais é conhecida como energia renovável, ela origina-se do sol, do vento, da chuva, da biomassa, entre outros. Sua utilização vem aumentando cada vez mais, por ser uma alternativa que causa o mínimo de impacto ambiental e é considerada economicamente viável (COLDEBELLA *et al.*, 2006).

Como o rebanho bovino no Brasil é um dos maiores do mundo, conseqüentemente é um dos que mais gera resíduos orgânicos (IBGE, 2012). Conforme Miranda *et al.* (2006), o que está sendo bastante adotado é a biodigestão anaeróbia, pois ocorre rapidamente, pelo fato de que os ruminantes possuem um microrganismo que atua no processo, facilitando assim o processo.

Através do melhoramento genético e da nutrição dos frangos, a avicultura tem se caracterizado como um dos sistemas agropecuários mais desenvolvidos (NAVARINI, 2009). Outro resíduo que está sendo muito utilizado, no processo de biodigestão anaeróbia é a cama de aviário, devido ao aumento da produção de frangos de corte no Brasil e o aumento do consumo interno do país (SAGULA, 2012).

A biodigestão anaeróbia é um sistema de tratamento que apresenta algumas vantagens, pois além de reduzir a poluição, gera biogás, que pode ser empregado como fonte de energia elétrica, térmica e mecânica, tendo como subproduto seu efluente, que pode ser utilizado como biofertilizante. A disposição e o tratamento inadequado dos resíduos orgânicos podem gerar uma grande contaminação ambiental, principalmente por poluir águas superficiais e subterrâneas, por isso, é de suma importância adotar práticas de manejo corretas (AMARAL *et al.*, 2004).

Para que o processo de biodigestão anaeróbia seja mais eficiente, uma alternativa é utilizar-se da co-digestão, que incide fazer a junção de dois ou mais substratos durante o processo, utilizando-se as mesmas instalações (RODRIGUES,

2005). Muito se utiliza da co-digestão anaeróbia para corrigir a relação carbono/nitrogênio, como benefício para a produção de metano (SAGULA, 2012).

O biogás é um composto que contém em maior quantidade o gás metano (CH_4), que quando lançado na atmosfera polui 21 vezes mais que o dióxido de carbono (CO_2); em parcela considerável o dióxido de carbono; em menor quantidade possui o gás sulfídrico (H_2S), hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2); e traços de outros gases (FARIA, 2012).

Para a produção do biogás é necessário a utilização de um equipamento denominado biodigestor (DEGANUTTI *et al.*, 2002). Sendo que o mesmo é constituído de uma câmara fechada, normalmente circular e instaladas abaixo do nível do solo, para proteger das variações bruscas de temperatura, porém deve ser adaptado a cada propriedade. Os biodigestores estão sendo instalados em granjas de bovinocultura, suinocultura e de avicultura, em frigoríficos, abatedouros, entre outros (OLIVEIRA, 2009).

Conforme Oliveira (2009), alguns fatores devem ser controlados, durante a biodigestão anaeróbia para poder aproveitar melhor o seu produto, sendo que os fatores são: temperatura; tipo de resíduo; tempo de retenção; substâncias tóxicas presentes; pH; quantidade de água; e relação carbono/nitrogênio.

A temperatura é um dos fatores que influencia na biodigestão anaeróbia, podendo comprometer diretamente na termodinâmica da reação, alterando a velocidade específica de utilização (MENDONÇA, 2009).

O processo pode ocorrer em uma faixa de temperatura que varia de 10 °C a 60 °C, dependendo dos microrganismos que estarão atuando. As bactérias criofílicas agem na faixa inferior a 20 °C, as bactérias mesofílicas agem na faixa de 30 °C a 40 °C e as bactérias termofílicas atuam entre 45 °C e 60 °C (CASTRO e CORTEZ, 1998).

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da variação na temperatura ambiente na produção de biogás durante o processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de bovinocultura de leite e cama de aviário, em um biodigestor experimental.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da temperatura interna e externa do biodigestor, na produção de biogás;
- Avaliar a relação da temperatura interna, em três níveis de altura; com a variabilidade da temperatura externa do biodigestor.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MEIO AMBIENTE

Muitos órgãos governamentais estão listando atitudes necessárias para reduzir a degradação do meio ambiente, para obter essas soluções ambientais, possuem como fundamental argumento a constituição de uma sociedade sustentável e socialmente justa. Com isto, vários encontros e reuniões estão ocorrendo nos últimos anos, sendo os mais recentes a Agenda 21 e a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (SILVA, 2009).

A Agenda 21 é um acordo social, entre 179 países, que propõe atitudes e ações transformadoras no mundo, para constituir um desenvolvimento sustentável no século XXI, que resume no respeito aos direitos das outras gerações. E a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, também é conhecida como a Rio +20, ocorreu em 2012, a qual teve como objetivo reafirmar os compromissos já existentes e assumir novos acordos para o desenvolvimento sustentável. Isto significa que os países poderão continuar se desenvolvendo, sem destruir o meio ambiente (PR, 2013).

Um dos impactos ambientais que está ocorrendo no mundo é o aumento da temperatura média da terra, o que colabora para isso é o uso exagerado de energia, tendo como consequência o efeito estufa. Gases que auxiliam no aumento da temperatura e outras alterações climáticas são: gás carbônico (CO₂); clorofluorcarbonos (CFCs); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); entre outros (SANTOS, 2012).

Um dos recursos que está sendo escolhido por inúmeros países, para diminuir os impactos ambientais e suprir a falta de energia, são as fontes de energia renováveis, o que consiste em substituir parcialmente as fontes de energia de origem fóssil. Sendo que elas podem ser provenientes da energia solar, quedas de água, vento, resíduos, entre outros. No qual, os resíduos de origem animal são considerados com grande potencial de combustível (FREITAS, 2011).

3.2 BIODIGESTOR

No ano de 1.859, em Bombaim na Índia, foi construído o primeiro biodigestor pelo ser humano, utilizando resíduos de animais. Somente no ano de 1.960, em Alfenas – MG, que foi instalado o primeiro biodigestor no Brasil (TEIXEIRA, 1985).

Para que o biodigestor produza biogás e biofertilizante, deve ser instalado e operado corretamente, além disto, ele deve ser adaptado a cada propriedade, porém algumas variáveis do local devem ser avaliadas, tais como: tipo de substrato; experiência do construtor e a relação custo/benefício (NEVES, 2010.)

Existem diversos tipos de biodigestores, os quais são: batelada (muito simples, serve para quando se quer produzir pouco biogás); contínuo (o biogás e o resíduo são contínuos, pode ser vertical ou horizontal); e semicontínuo (o biodigestor é alimentado em intervalos regulares de tempo, o volume que entra é o mesmo que sai).

Dos modelos de biodigestores existentes, os mais utilizados mundialmente e no Brasil são os chineses, os indianos e os canadenses, todos com tecnologias simples para construção, baixo custo e necessitam de mão-de-obra pouco qualificada (MARTINS e ASSIS, 2007), cada um com sua particularidade, mas com o mesmo objetivo, que é a biodigestão anaeróbia (NEVES, 2010).

Há um modelo inovador na região Oeste do Paraná, chamado BioKöhler, que está sendo implantado em propriedades que possuem menor volume de produção de dejetos e conseqüentemente menor produção de biogás. Este biodigestor foi desenvolvido por Pedro Köhler, agricultor, na propriedade de seu pai. É constituído de fibra de vidro, de simples montagem e instalação, possui maior durabilidade do equipamento (GEBRAN e SANTOS, 2011).

3.3 BIOGÁS

O biogás é um gás resultante da biodigestão anaeróbia, podendo ser de dejetos animais, resíduos vegetais, resíduos industriais, resíduos urbanos, entre outros (MASSOTTI, 2002).

Segundo Guedes (2007), as substâncias gasosas que constituem o biogás são: em maior quantidade metano (CH_4), parcela considerável de dióxido de carbono

(CO₂), em menor escala oxigênio (O₂), gás sulfídrico (H₂S), amônia (NH₃), hidrogênio (H₂), nitrogênio (N₂) e traços de outros gases. Para Massotti (2002) a quantidade de gás metano que será produzido, será proporcional ao poder calorífico do biogás.

No biogás ocorre a formação de bolhas pequenas de metano e/ou dióxido de carbono, isolando assim as bactérias do meio em biodigestão, pois ficam em volta dessas bolhas. Para prosseguir com o trabalho das bactérias afetadas, é necessário que o biodigestor possua um mecanismo de agitação (GASPAR, 2003).

Para que haja uma boa produção de biogás, é preciso que os microrganismos anaeróbios tenham condições ideais, que são: não haver contato do meio metanogênico com o oxigênio atmosférico, temperatura adequada, quantidade certa de nutrientes orgânicos, não haver substâncias tóxicas e quantidade de água apropriada (NEVES, 2010).

De acordo com Coldebella (2006), o biogás pode ser utilizado diretamente na propriedade rural, sendo aproveitado em cozimento, refrigeração, gerador de energia elétrica, incubadores, iluminação, misturadores de ração, entre outras atividades.

3.4 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Conforme Santos (2012), uma das tecnologias mais utilizadas atualmente, para diminuir a poluição ambiental, é a digestão da matéria orgânica. Também conhecida como biodigestão anaeróbia, consiste em um processo bioquímico, que através de bactérias fraciona compostos complexos e produz gás combustível, também chamado de biogás. Esta tecnologia também reduz a incidência de vetores causadores de doenças, ervas daninha, acaba com maus odores e moscas no local.

Alguns resíduos são pobres em determinados nutrientes, para suprir esta deficiência pode ser adicionado outro tipo de resíduo orgânico, esta adição é denominada co-digestão anaeróbia. O resultado é positivo, pois além de melhorar o processo de degradação anaeróbia, também auxilia a nível econômico (RODRIGUES, 2005).

A utilização da co-digestão anaeróbia visa o tratamento conjunto de diversos tipos de resíduos orgânicos, favorecendo a gestão equilibrada das matérias

disponíveis na região, devido à falta de fornecimento de um determinado resíduo, por causa de variações sazonais, ou a eventuais quebras na indústria. Porém deve haver um estudo para otimizar a produção de biogás, em relação a proporção de quantidade de resíduos que deve se utilizar (CARNEIRO, 2009).

Através de diversas populações microbianas é que ocorre a degradação da matéria orgânica, sendo que as quatro fases principais do processo de biodigestão são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (COSTA, 2009).

A Figura 1 (adaptado de Salomon, 2007), apresenta o balanço da biodigestão anaeróbia da matéria orgânica, bem como as quatro principais etapas.

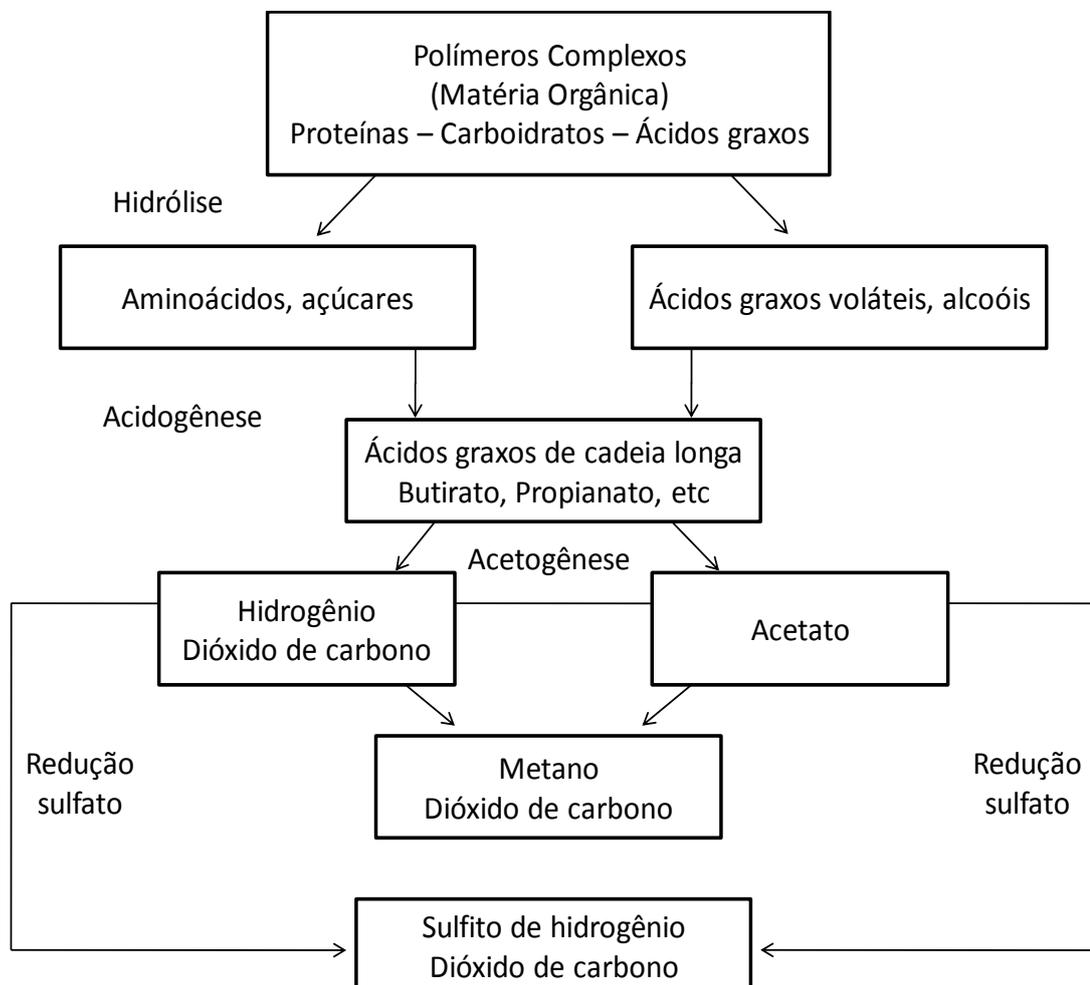


FIGURA 1 - Biodigestão anaeróbia da matéria orgânica
 FONTE: Adaptado de Salomon (2007)

3.4.1 Hidrólise

A hidrólise é uma etapa lenta, nela ocorre à dissolução de materiais particulados (polímeros) em materiais mais simples (moléculas menores), através das enzimas expelidas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas. Os fatores que interferem nesta etapa são: pH, temperatura, tempo de retenção hidráulica, tamanho e distribuição das partículas (FARIA, 2012).

Os gêneros de bactérias hidrolíticas são: *Clostridium*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacteroides*, *Butyvirio*, *Clostridium*, *Fusobacterium*, *Selenomonas*, *Streptococcus*, *Proteus*, *Peptococcus*, *Bacillus clostridium*, *Staphylococcus*, *Acetivibrio* e *Eubacterium*.

De acordo com Santos (2012), diversos compostos são produzidos nesta etapa, sendo eles: ácidos graxos voláteis, gás carbônico, alcoóis, hidrogênio, ácido láctico, sulfeto de hidrogênio e amônia, além de novas células bacterianas. O principal produto dos organismos fermentativos são os ácidos graxos voláteis, por isso, são designados de bactérias fermentativas acidogênicas.

3.4.2 Acidogênese

Na fase acidogênica, os produtos resultantes da hidrólise são conduzidos para o interior da célula, local onde ocorre a fermentação de aminoácidos e açúcares e a oxidação dos ácidos graxos, que são: propionato, butirato, entre outros. E também de compostos minerais como o dióxido de carbono e hidrogênio (CARNEIRO, 2009).

As bactérias acidogênicas mais conhecidas, para utilização em reatores anaeróbios são: *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Butyribacterium*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Desulfobacter*, *Micrococcus*, *Bacillus* e *Escherichia*. Os produtos destas bactérias servem como substratos para as bactérias da próxima etapa (MENDONÇA, 2009).

3.4.3 Acetogênese

Na etapa de acetogênese, a mistura complexa de ácidos desenvolvidos na acidogênese é transformada em ácido acético e propiônico, pelas bactérias acetogênicas *Syntrophomonas* e *Syntrophobacter*. Em consequência disto, liberam simultaneamente o CO₂ e H₂ (MOREIRA, 2011).

Conforme Faria (2012), durante a formação do ácido acético e propiônico o pH no meio aquoso diminui, devido a grande quantidade de formação de hidrogênio. Porém na fase metanogênica, só poderá ser utilizada diretamente o hidrogênio e o acetato.

3.4.4 Metanogênese

Para finalizar o processo de degradação anaeróbia ocorre fase metanogênica, que é realizada pelas *Archeas* metanogênicas, estritamente anaeróbias, que transformam o acetato, CO₂ e H₂ em metano. As *Archea* acetoclásticas produzem metano em decorrência da clivagem do acetato, sendo que 70% do metano que é produzido é pelas acetoclásticas, já as *Archea* hidrogenotróficas utilizam-se somente de H₂ e CO₂, mesmo sendo predominantes no biodigestor, só representam 30% do metano produzido (CARNEIRO, 2009).

As *Archeas* metanogênicas são muito sensíveis às variações severas de temperatura, sendo que quando verificadas devem ser corrigidas, pois pode reduzir a produção de biogás até a sua parada total. As *Archeas* metanogênicas que existem em função da temperatura são: as psicrófilicas (menos de 20 °C), as mesofílicas (20 a 45 °C, ponto ótimo 35 °C) e as termofílicas (acima de 45°C, ponto ótimo 54 °C) (SANTOS, 2012).

3.5 SUBSTRATOS

As energias renováveis que vêm sendo utilizadas são a eólica, solar, hídrica e biomassa. A que possui maior destaque é a biomassa, devido à maior disponibilidade e por esta estar entre as mais sustentáveis (NEVES, 2010).

Segundo Gaspar (2003), a matéria que pode ser decomposta por causas biológicas, ou seja, por bactérias, é chamada de biomassa. E são as bactérias metanogênicas que produzem o biogás. Podem ser definidos como biomassa, os restos de plantas, os resíduos dos animais, matérias orgânicas de indústrias, entre outros.

Os resíduos oriundos de aviários, pocilgas e estábulos, têm características similares, devido serem muito concentrados e ricos em nutrientes, porém possuem diferenças sensíveis no nível de teor de sólidos, matéria orgânica e nutrientes, e também no nível de facilidade de degradação (CARNEIRO, 2009).

Na Tabela 1 são apresentados os diferentes substratos para biodigestores, bem como sua conversão em biogás. Pode-se observar que o esterco de galinha é o substrato que na biodigestão anaeróbia mais produz biogás.

TABELA 1 – Diferentes substratos para biodigestores e sua conversão em biogás

SUBSTRATO	QUANTIDADE	BIOGÁS
	Kg	M ³
Esterco fresco de bovino	01	0,04
Esterco seco de galinha	01	0,43
Esterco seco de suíno	01	0,35
Resíduo vegetal seco	01	0,40
Resíduo de frigorífico	01	0,07
Lixo	01	0,05

FONTE: Adaptado de Comastri Filho (1981)

3.5.1 Dejeito bovino

Com o passar dos anos, a tendência de consumo por produtos de origem animal vem aumentando, em consequência disto gera problemas como a produção

de dejetos, que com o passar do tempo irá crescer no Brasil, por causa do consumo interno e exportação de carne (ASSENHEIMER, 2007).

De acordo com Carneiro (2009), com o grande desenvolvimento da pecuária nos últimos anos, um dos problemas preocupantes é o destino final do estrume (mistura de fezes, urina e material usado para cama dos animais) ou chorume (mesma tipologia de mistura, porém com menos material da cama dos animais). Para Oliveira (1993), os bovinos leiteiros produzem em média por dia 9,4 litros de esterco e de 10 a 15 kg por animal.

A grande quantidade de emissão do gás metano, derivado do processo digestivo dos ruminantes, tem origem na sua alimentação. Para que diminua essas emissões, vem sendo feito pesquisas, porém opções como melhoramento da produtividade e eficácia na produção, estão dando resultados positivos (SANTOS, 2012).

3.5.2 Cama de aviário

Conforme Costa (2012), a avicultura de corte vem crescendo no país, com isto, gerando um problema com o resíduo desta atividade. Com novas tecnologias, a cama de aviário acaba se tornando um sub-produto da atividade, podendo ser reutilizada, com intenção de diminuir os custos de produção e a poluição ambiental.

A cama de aviário é todo material distribuído sobre os galpões, podendo ser de madeira, serragem, trigo, palha, casca de amendoim, casca de arroz, entre outros, que protegem os frangos de doenças. Ela constitui em uma mistura de excretas, penas, resto de ração, tornando-a um composto orgânico rico em nitrogênio. Devido ao aumento no custo dos produtores, eles reutilizam esta cama de 8 a 12 ciclos de cria, no final do ciclo, pode-se utilizar como substrato no processo de biodigestão anaeróbia (SAGULA, 2012).

Devido às altas concentrações de nitrogênio e fósforo, quando utilizada no solo, pode contaminar o solo e também as águas subterrâneas. Uma opção que o produtor encontrou, foi de optar pelo processo de biodigestão anaeróbia, onde ele tende a possuir energia elétrica de baixo custo, diminuindo assim o impacto ambiental e reciclando os seus resíduos (HAHN, 2004).

3.6 FATORES QUE INFLUENCIAM A BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

3.6.1 Temperatura

A temperatura é um fator que compromete diretamente na termodinâmica das reações, alterando a velocidade específica de utilização de substrato, e a dissociação dos compostos (MENDONÇA, 2009).

Temperaturas baixas e/ou muitas oscilações tornam este fator limitante no processo de biodigestão anaeróbia. Em localidades que as condições climáticas possuem temperaturas baixas ou possui grande variação térmica, pode reduzir a produção de biogás devido a inibições na atividade microbiana (FREITAS, 2011).

Para evitar diminuição na produção de biogás, a temperatura deve ser compatível com o tipo de bactérias e as variações não devem ser bruscas. De acordo com Montilha (2005) o processo ocorre de maneira satisfatória nas fases mesofílica e termofílica, compreendendo entre 20 °C a 45 °C e 50 °C a 65 °C, respectivamente, sendo que abaixo de 10 °C, que a produção é reduzida e acima de 65 °C o processo de biodigestão é anulado.

Segundo Pinheiro (2006), com o aumento da carga orgânica também irá aumentar a sensibilidade à temperatura, sendo que no processo anaeróbio é mais sensível que no aeróbio. Quando a temperatura diminui, aumenta a concentração de ácidos voláteis, isto pode resultar em redução da capacidade de tamponamento do processo anaeróbio, diminuindo o pH.

3.6.2 Tempo de detenção hidráulica

O tempo de detenção hidráulica é o tempo em que a matéria orgânica fica no biodigestor. Podendo variar o tempo entre dias ou horas, também altera com o tipo de biodigestor utilizado e o tipo substrato empregado (SALOMON, 2007).

Conforme Oliver *et al.* (2008), o cálculo que deve ser feito para obter o tempo de detenção hidráulica (dias) é definido pela relação entre o volume do biodigestor útil (m³) e o volume da carga diária (m³/dia). No qual, o volume de carga diária é a média da massa de dejetos e o volume de água.

3.6.3 Relação carbono/nitrogênio

A relação carbono/nitrogênio (C/N) deve estar entre 20 e 30, sendo que a ideal é 25, porém quando houver baixas relações de C/N, haverá um acúmulo de amônia na biodigestão, aumentando o pH para 8,5, tendo como consequência a inibição da atividade dos microrganismos metanogênicos. E quando esta relação for muito alta, haverá um consumo muito grande de nitrogênio, pelas bactérias metanogênicas, diminuindo assim a produção de biogás (RODRIGUES, 2005).

Segundo Oliveira (2009), a relação ao C/N no início do processo é de 30, porém depois de completa a biodigestão deve estar entre 10 e 12, para que seja mais seguro no momento da aplicação no solo.

3.6.4 Outros fatores

Para Prati (2010), outros parâmetros que influenciam na biodigestão anaeróbia são: impermeabilidade do ar (como as bactérias metanogênicas são anaeróbias, o contato com o ar irá produzir somente CO₂); natureza do substrato (os substratos devem ser nutritivos, para ocorrer à atividade enzimática, deve conter oligo-elementos como cálcio, magnésio, potássio, sódio, zinco, ferro, cobalto, cobre, molibdênio e manganês, mas em quantidades ideais, para não inibir o processo); composição dos resíduos (deve possuir bastante material orgânico, para gerar metano).

O teor de água é um fator muito importante, a diluição deve variar entre 1:1 e 1:2, sendo uma quantidade de água para outra de substrato. Caso haja excesso ou falta de água, irá prejudicar o sistema de biodigestão, quando se tem falta dela pode entupir a tubulação e quando tem excesso, pode atrapalhar no processo de hidrólise. Outro parâmetro que deve ser monitorado é o pH, pois pode afetar de maneira drástica as bactérias, o qual deve variar entre 6,0 e 8,0, sendo o ponto ótimo 7,0, o biodigestor estando em condições favoráveis, o pH irá se controlar naturalmente (NEVES, 2010).

Detergentes, produtos tóxicos e outros produtos químicos devem ser evitados, se possível excluídos de contato com a matéria orgânica em biodigestão anaeróbia, devido à intoxicação e morte das bactérias (MONTILHA, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, que pertence ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, localizada no município de Marechal Cândido Rondon – PR, na Linha Guará. Durante o período de maio a junho de 2013. As coordenadas geográficas da Estação Experimental são latitude 24° 33' 40''S, longitude 54° 04' 12'' W e altitude de aproximadamente 420 metros.

O biodigestor que foi utilizado no experimento é da marca Bioköhler, sendo a câmara de biodigestão de fibra de vidro, a qual é constituída pela junção de duas caixas d'água de 10.000 litros cada, no sentido vertical, sendo que uma está enterrada e a outra no nível do solo, elas possuem materiais que toleram a pressão hidráulica e o gás, conforme Figura 2. A canalização dos dejetos e do biogás é toda subterrânea, para evitar danificações.



FIGURA 2 – Câmara de biodigestão
FONTE: O autor (2013)

O volume total da câmara de biodigestão é de 20,00 m³, sendo que o volume útil é de apenas 19,56 m³. O sistema de alimentação do biodigestor é contínuo. O qual foi manejado e operado às 11 horas da manhã, de segunda-feira a sábado.

Os resíduos que alimentaram o biodigestor foram o dejetos bovino e cama de aviário. O dejetos bovino foi previamente misturado com água em uma razão de diluição de 1:1, e deslocado até a câmara de abastecimento, por gravidade. A cama de aviário foi adicionada diretamente na câmara de abastecimento, misturada ao dejetos e após a homogeneização o efluente foi bombeado para o biodigestor. Na Figura 3 pode-se observar a câmara de abastecimento ligada a tubulação de abastecimento do biodigestor.



FIGURA 3 - Câmara de abastecimento
FONTE: O autor (2013)

O dejetos bovino foi fornecido de um estábulo localizado na Estação Experimental, o qual possui 12 vacas, da raça Holandesa, as quais ficaram durante 5 horas no local para se alimentarem. A cama de aviário, outro resíduo utilizado, foi fornecida por produtores da região, conforme a necessidade, sendo adicionada no biodigestor uma carga diária de 30 kg (Figura 4).



FIGURA 4 – Estábulo e cama de aviário
 FONTE: O autor (2013)

O tempo de detenção hidráulica (TDH) deste experimento foi de aproximadamente 58 dias, o qual foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$TDH = V / Q \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

V = volume útil do biodigestor (m³);

Q = vazão de dejetos que entram no biodigestor (m³/dia).

Foram coletados os dados meteorológicos, através de dados cedidos pela Estação Climatológica Automática (Figura 5) de Marechal Cândido Rondon – PR, também se localiza na Estação Experimental, localiza-se a aproximadamente 200 metros do biodigestor. O aparelho que mede a temperatura é da marca Vaisala, modelo HMP45A, classe B, mede através de um sensor de temperatura no ar, sendo que o sensor é de platina Pt 100. Ele opera na faixa de - 40 °C a + 60 °C, 500 ms é seu tempo de resposta e exatidão de +- 0,2 °C.



FIGURA 5 - Estação climatológica automática
 FONTE: O autor (2013)

Foram coletados os dados da temperatura interna do biodigestor, através de 3 termopares tipo J, sendo que o superior localiza-se a 80 cm abaixo do nível máximo de biomassa em fermentação, o intermediário a 2,50 m e o inferior a 4,20 m, de acordo com a Figura 6.

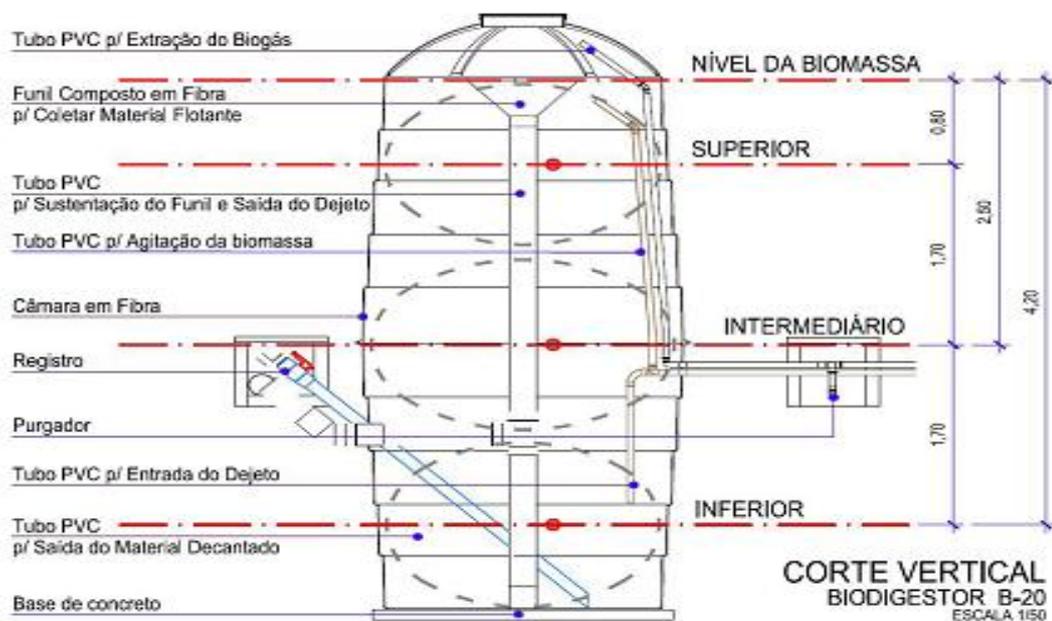


FIGURA 6 - Região dos termopares no biodigestor
 FONTE: Ferreira (2010)

Para coletar os dados foi utilizado um registrador eletrônico FieldLogger (Figura 7), da marca Novus, com 8 canais analógicos por módulo, precisão de 0,2% da faixa máxima, equivalendo a ± 1 °C, que armazena em intervalos de 15 minutos as temperaturas.

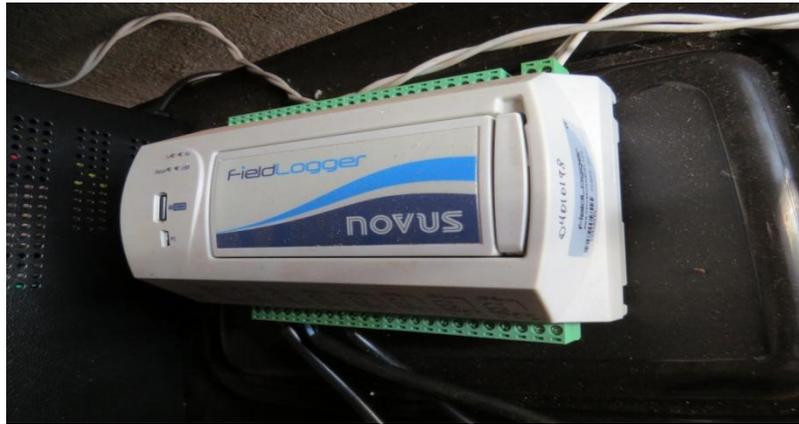


FIGURA 7 - Registrador eletrônico
FONTE: O autor (2013)

Outra variável que foi analisada neste experimento, foi à quantidade de biogás produzido pelo biodigestor, sendo que o aparelho que mede é um gasômetro, modelo G 0,6, fabricado pela LAO Indústria (Figura 8). A leitura do medidor de gás foi realizada todos os dias, no horário das 11 horas da manhã, antes de alimentar o biodigestor, sua marcação é feita de maneira contínua.



FIGURA 8 - Medidor de gás
FONTE: O autor (2013)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes à influência da temperatura externa ao biodigestor na temperatura interna e na produção de biogás, sendo uma média dos 55 dias de experimento (Figura 9), o trabalho é uma continuação do trabalho realizado no período de verão por Tietz (2013) que verificou a influência da temperatura na produção de biogás no mesmo biodigestor no período de 17 de dezembro de 2012 a 02 de março de 2013.

A temperatura durante o processo de biodigestão pode variar de 10 °C até 65 °C, tendo como uma faixa ideal de atuação entre 30 °C e 35 °C (MONTILHA, 2005).

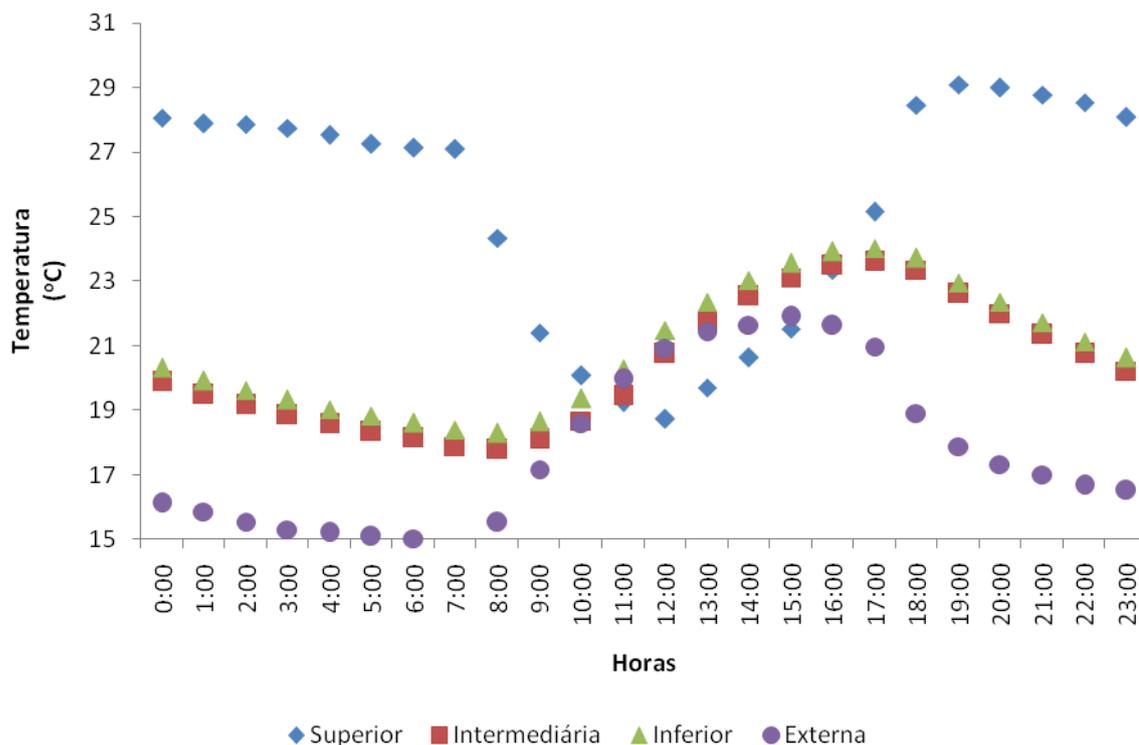


FIGURA 9 – Variação média diária da temperatura interna e externa ao biodigestor

Observou-se neste experimento que a média diária de temperatura, não atingiu a temperatura mínima ideal para o funcionamento do biodigestor, que seria de 30 °C. Sendo que o horário que mais próximo chegou, foi na região superior das

18:00 até as 7:00 horas, no horário das 8:00 às 17:00 horas a temperatura variou entre 19 e 25 °C.

A temperatura nas regiões intermediária e inferior mantiveram-se próximas uma da outra, a qual oscilou entre 18 e 24 °C. Apesar de não estar na temperatura ideal para produção de biogás, ela se manteve na faixa mesofílica, entre 20 e 45 °C (MONTILHA, 2005). Na maioria dos horários, das 12:00 até as 00:00 horas. E no horário das 01:00 às 11:00 horas a temperatura variou entre 18 e 19 °C.

Para Tietz (2013), em um período com temperaturas mais elevadas, devido a sazonalidade, encontrou-se na faixa mesofílica, porém como este experimento foi em um período de menores temperaturas, não foi trabalhado na média diária com a faixa mesofílica.

As temperaturas que mais acompanharam a temperatura externa, que variou de 15 a 22 °C, foram da região intermediária e inferior, que variaram entre 18 e 24 °C, sendo que foram temperaturas baixas. O mesmo pode ser observado no experimento de Tietz (2013). Já a temperatura na região superior ficou mais elevada em determinados horários, o que pode ser explicado devido à biodegradação exotérmica da matéria orgânica, a qual libera calor para o meio (GUEDES, 2007).

Na figura 10 está representada a temperatura média semanal, durante os horários das 01:00 (A), das 09:00 (B) e das 17:00 (C) horas, no período de 06 de maio até 29 de junho de 2013, separados por semanas. Esta coleta de dados teve como objetivo analisar a influência da temperatura em períodos diferentes do dia, com intervalos regulares, sendo eles de noite, de manhã e de tarde.

Observou-se que na Figura 10 (A), no horário de 01:00 hora, somente na 1ª semana obteve-se na faixa de temperatura ideal, variando de 30 a 35 °C, na região superior. Já na faixa mesofílica a região superior permaneceu durante todas as semanas, porém a região intermediária só esteve nesta faixa na 2ª, 3ª e 4ª semana em compensação a região inferior atingiu temperatura na faixa mesofílica na 2ª, 3ª, 4ª, 5ª e 6ª semana. Porém a temperatura externa não atingiu em nenhuma semana 20 °C.

Comparando com Tietz (2013) no horário das 01:00 horas, na região superior a temperatura foi maior que a faixa ideal de temperatura, já na 2ª e 7ª semana as regiões intermediária e inferior permaneceram na faixa ideal. Porém pode-se observar que todas as semanas estiveram na temperatura mesofílica.

Na Figura 10 (B), das 09:00 horas, notou-se que nenhuma região atingiu a faixa de temperatura ideal, mas na mesofílica a região superior atingiu na 2^a, 3^a, 4^a, 6^a, 7^a e 8^a semana, a região intermediária somente na 3^a semana e a região inferior na 2^a e 3^a semana. Na temperatura externa, pode-se observar o mesmo resultado que na Figura 10 (A), não atingiu a temperatura de 20 °C.

No período de experimento de Tietz (2013) as 09:00 horas, pode ser observado que teve três semanas na região superior que a temperatura manteve-se na faixa ideal e na inferior e intermediária somente uma. Mas novamente foi analisado que as temperaturas mantiveram-se na área mesofílica.

O resultado observado na Figura 10 (C), no horário das 17:00 horas, foi de que a temperatura média semanal teve pouca variação, sendo que nenhuma atingiu a faixa ideal, porém nas três regiões ela se manteve na faixa mesofílica. Somente a 7^a e 8^a semana da temperatura externa é que não permaneceram na mesofílica, as outras sim.

Comparando-se com Tietz (2013) três semanas tiveram na faixa ideal de temperatura na região superior, já na intermediária e inferior obteve-se em cinco semanas. Novamente notou-se que todas as médias semanais das temperaturas estiveram na faixa mesofílica.

Os resultados obtidos na Figura 10 esclarecem que a 01:00 a temperatura externa é baixa em relação a interna na região superior, devido a matéria orgânica aquecida subir e haver uma troca de energia térmica dentro do biodigestor, mantendo-se suas características. Já as 09:00 horas, o resultado é de temperaturas menores, o que indica a interferência que tem a temperatura da noite. Porém ao contrário das 09:00 horas, o resultado obtido no horário das 17:00 horas, notou-se que houve um aquecimento, devido a incidência solar durante o dia.

Com estes dados obtidos, observou-se que no experimento de Tietz (2013) houve a mesma variação, com as mesmas características. O que mostra que a temperatura externa influencia na temperatura interna do biodigestor.

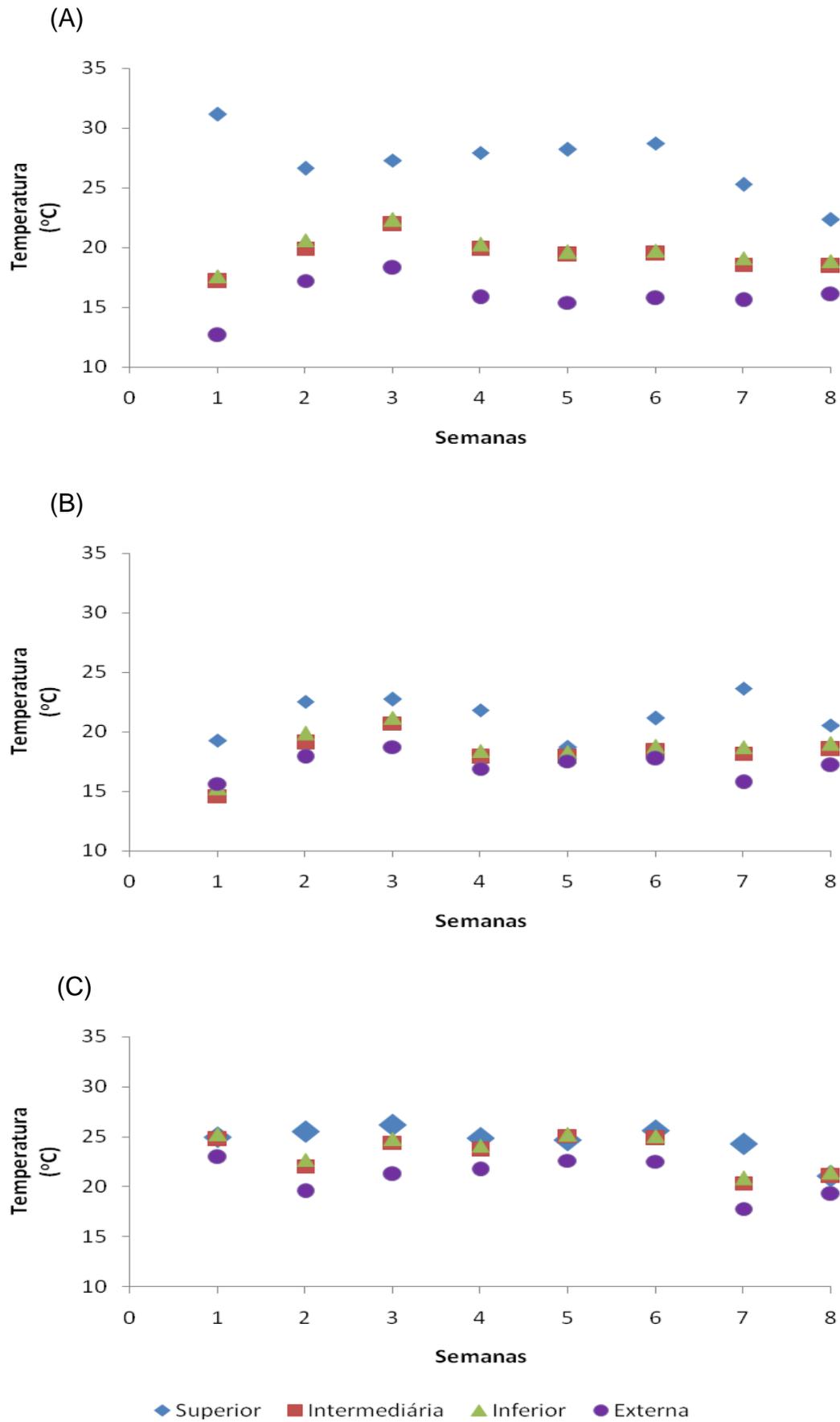


FIGURA 10 - Temperatura média semanal às 01:00 (A), 09:00 (B) e 17:00 (C) horas

A temperatura ideal para otimizar a biodigestão anaeróbia, encontra-se na faixa mesofílica, segundo Santos (2012) é de 35 °C. Consequentemente, com temperaturas inferiores irá produzir biogás, porém em menor quantidade. Corroborando com o que foi encontrado neste experimento (Figura 11). Já para Tietz (2013), que trabalhou na faixa mesofílica, foi registrado maior produção de biogás.

Na Figura 11 consta a média de produção de biogás semanalmente, comparando à média da temperatura interna e externa ao biodigestor.

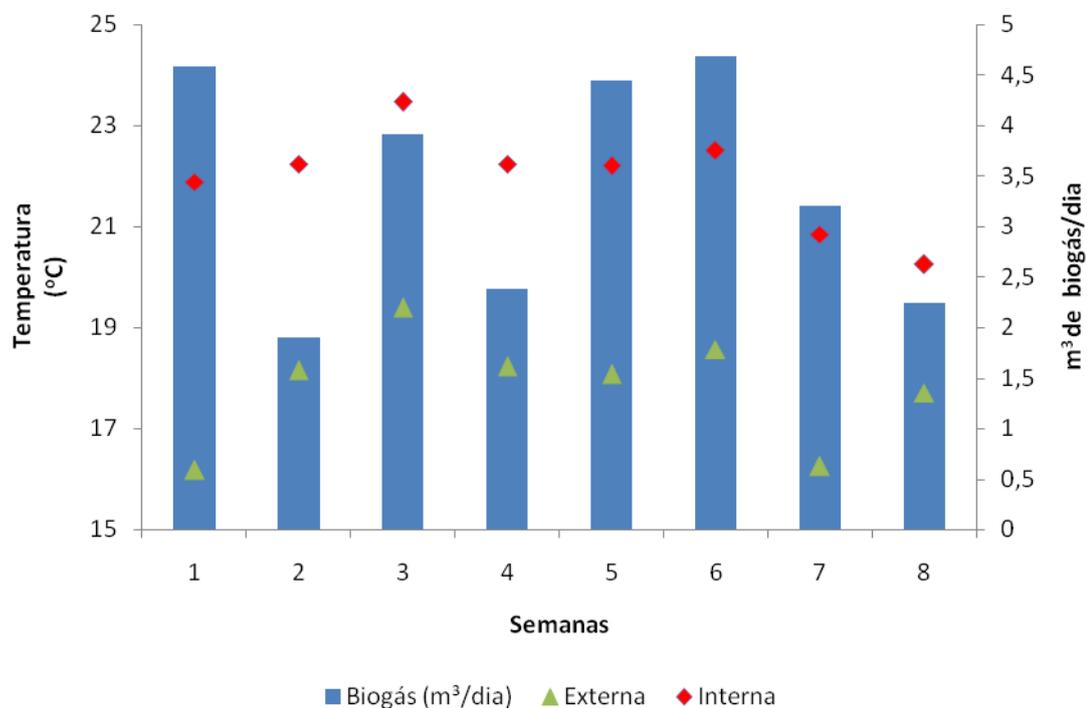


FIGURA 11 - Média da produção de biogás semanalmente, comparando à média da temperatura interna e externa ao biodigestor

Segundo Rodrigues (2005), a codigestão deve ser utilizada quando um resíduo orgânico é pobre em um determinado nutriente, otimizando assim o processo de biodigestão anaeróbia, também equilibra as cargas orgânicas, os tempos de detenção hidráulica e os níveis de umidade no biodigestor. Neste trabalho utilizou-se da codigestão devido a cama de aviário ser um composto orgânico rico em nitrogênio.

Com isto, pode ser observado que o TDH foi de aproximadamente 58 dias, sendo que o TDH de Tietz (2013) foi de aproximadamente 70 dias. Apesar de ter trabalhado com temperaturas bem inferiores ao de Tietz (2013), o qual não se trabalhou com a codigestão, pode-se observar a diminuição no TDH. De acordo com Salomon (2007), o TDH varia também de acordo com o substrato utilizado.

TABELA 2 - Temperatura externa mínima, máxima e variação diária de temperatura de cada dia da 2ª semana

Dia	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Variação (°C)	Dia	Temperatura Mínima (°C) *	Temperatura Máxima (°C) *	Variação (°C) *
12/05/13	13,7	21	7,3	13/01/13	16	30,2	14,2
13/05/13	17,2	19,7	2,5	14/01/13	19,9	30,6	10,7
14/05/13	17,1	18,6	1,5	15/01/13	19,7	30,6	10,9
15/05/13	17,8	27,2	9,4	16/01/13	18,3	31,1	12,8
16/05/13	11,8	20	8,2	17/01/13	18,8	32,1	13,3
17/05/13	8,6	25,1	16,5	18/01/13	19,8	31,9	12,1
18/05/13	16,5	22,7	6,2	19/01/13	19,8	31,9	12,1

* Dados de Tietz (2013)

Com a Tabela 2, pode-se verificar a 2ª semana, a qual produziu menor quantidade de biogás (1,90 m³) (Figura 11). Observou-se que além da temperatura influenciar na produção de biogás, a quantidade de chuva também influencia, durante os 55 dias do experimento a semana que teve a maior média semanal de chuva (22,71 mm) foi a 2ª semana.

Onde as temperaturas são baixas e há muitas oscilações térmicas, pode prejudicar a produção de biogás (FREITAS, 2011). Apesar da ocorrência de baixas temperaturas no presente estudo, ela não oscilou muito, ou seja, não houve muita variação térmica, o que também é importante para a produção de biogás. Por outro lado, Tietz (2013) verificou uma maior variação térmica.

Os resultados elucidados na Tabela 3 evidenciam a variação da temperatura externa mínima, máxima e variação diária da 6ª semana (Figura 11), a qual produziu a maior quantidade de biogás.

TABELA 3 – Temperatura externa mínima, máxima e variação diária de temperatura de cada dia da 6ª semana

Dia	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Variação (°C)
09/06/2013	13,6	26	12,4
10/06/2013	16,2	21,2	5
11/06/2013	15	26,1	11,1
12/06/2013	14,5	26,3	11,8
13/06/2013	12,5	27,2	14,7
14/06/2013	14,6	26,4	11,8
15/06/2013	12,2	18,2	6

Observou-se que as temperaturas mais elevadas, tanto interna (23 °C), como externa (19 °C), foram registradas na 3ª semana (Figura 11), porém não foi à semana que mais produziu biogás, a quantidade produzida foi de 3,91 m³. A semana que produziu maior quantidade de biogás foi a 6ª semana, com 4,68 m³ de biogás, com a média semanal da temperatura interna de 22 °C e externa 18 °C.

Obteve-se este resultado devido a um fator de interferência, a radiação solar, que na 3ª semana teve uma média semanal de 9.093,00 KJ/m² e na 6ª semana foi de 10.826,00 KJ/m², o que favoreceu a maior produção de biogás na 6ª semana (Tabela 3), sendo também um parâmetro de grande importância a ser observado.

6. CONCLUSÃO

Com os dados obtidos nas três regiões do biodigestor e a temperatura externa, verificou-se que houve a influência da temperatura externa sobre a interna, tendo uma relação direta com a produção de biogás. Observou-se que com o aumento da temperatura externa, com menor variabilidade e com maior período de radiação solar favoreceu a produção de biogás.

Alguns dos resultados explanados estiveram na faixa mesofílica, de 20 a 45 °C, outras vezes não, mas mesmo assim houve a produção de biogás durante todo o período de experimento, porém em menor quantidade.

Com a codigestão, dos dejetos de bovinocultura de leite e cama de aviário, pode-se concluir que obteve-se um menor tempo de detenção hidráulica. Além disso a adição de cama de aviário pode ser uma boa opção para pequenos pecuaristas, pois o resíduo é de fácil obtenção e transporte, podendo ser utilizado como forma de complementar a carga orgânica e melhorar a relação carbono nitrogênio no biodigestor.

7. 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. Nov/dez 2004.

ASSENHEIMER, A. **Tratamento de dejetos bovinos em sistema intensivo de produção de leite com aeração mecânica**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, 2007.

CARNEIRO, D. R. C. **Viabilidade técnica e econômica de uma unidade centralizada de co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos**. 2009. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto – Portugal, 2009.

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. Jan/abr 1998.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2006.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite. **In: 6 Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural**. Campinas – SP. 2006.

COMASTRI FILHO, J. A. **BIOGÁS: Independência energética do pantanal matogrossense**. EMBRAPA, Corumbá-MS, circular técnica nº 9. 1981.

COSTA, L. V. C. **Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos suínos: Produção de biogás e qualidade do biofertilizante**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, *Campus* de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.

COSTA, L. V. C. **Produção de biogás utilizando cama de frango diluída em água e em biofertilizante de dejetos suínos**. 2012. 90 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, *Campus* de Botucatu, Botucatu, 2012.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **In: Encontro de Energia no Meio Rural**. Bauru – SP. 2002.

FARIA, R. A. P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto – estudo de caso.** 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

FERREIRA, E. **Projeto técnico do sistema de produção do biogás.** Folha nº 03/07. 2010.

FREITAS, M. B. **Gestão de produção de energia por biodigestores na Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos e seus integrados.** 2011. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenheiro Agrônomo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2011.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – PR.** 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GEBRAN, A. C.; SANTOS, V. **Modelo de acesso de geração distribuída ao sistema da COPEL com exemplo de aplicação.** 2011. 86 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GUEDES, V. P. **Estudo do fluxo de gases através do solo de cobertura de aterro de resíduos sólidos urbanos.** 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas.** 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o%20=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 20 de maio de 2013.

MARTINS, D. S.; ASSIS, E. G. Estudo da viabilidade econômica da implantação de um biodigestor em uma granja de perus. **In:** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu – PR. 2007.

MASSOTTI, Z. M. Viabilidade técnica e econômica do biogás a nível de propriedade. **In:** Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: treinamentos 2002. Embrapa Suínos e Aves – Programa Nacional do Meio Ambiente II, p. 102-108. Concórdia – SC. 2002.

MENDONÇA, E. F. **Tratamento anaeróbio de efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular.** 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Cascavel, 2009.

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.

MONTILHA, F. **Biogás – Energia renovável.** 2005. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil com ênfase Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

MOREIRA, M. F. C. **Viabilidades técnica e econômica da digestão anaeróbia aplicada ao tratamento de resíduos das bovinoculturas da área metropolitana do Porto.** 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Ramo Gestão) – Universidade do Porto, Porto – Portugal, 2011.

NAVARINI, F. C. **Níveis de proteína bruta e balanço eletrolítico para frangos de corte.** 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Marechal Cândido Rondon, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2009.

NEVES, V. L. V. **Construção de biodigestor para a produção de biogás a partir da fermentação de esterco bovino.** 2010. 56 f. Trabalho de Graduação (Tecnologia em Biocombustíveis) - Faculdade Tecnológica de Araçatuba, Araçatuba, 2010.

OLIVER, A. P. M.; NETO, A. A. S.; QUADROS, D. G.; VALLADARES, R. E. **Manual de treinamento em biodigestão.** 2008. Disponível em <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2013.

OLIVEIRA, P. A. V. (coordenador). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** EMBRAPA Documentos. 188 p. Concórdia, 1993.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono.** 2009. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

PINHEIRO, D. M. **Influência da velocidade de recirculação no tratamento anaeróbio de esgoto sintético em biorreator operado em batelada sequencial contendo biomassa granulada.** 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2006.

PRATI, L. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores.** 2010. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PRADO, P. I. L. A.; MOURA, J. M.; FERNANDES, A. T.; CAMPOS, P. C. P. Viabilidade econômica de um biodigestor no IFMT *campus* Cuiabá Bela Vista. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia – GO. 2012.

PR. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <www.meioambiente.pr.gov.br>. Acesso em: 07 jul. 2013.

RODRIGUES, A. A. L. S. **Co-digestão anaeróbia de resíduos de natureza orgânica**. 2005. 164 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental, Materiais e Valorização de Resíduos) – Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Aveiro – Portugal, 2005.

SAGULA, A. L. **Biodigestão anaeróbia de cama de frango em co-biodigestão com caldo de cana-de-açúcar**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. 2007. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, Itajubá, 2007.

SANTOS, I. A. dos. **Emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à bovinocultura: o valor fertilizante do esterco e o impacto da biodigestão anaeróbia**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia, Departamento de Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

SILVA, A. A. **Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e plantas**. 2009. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Departamento de Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal - São Paulo, 2009.

TEIXEIRA, E. N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores**. 1978. 296 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Campinas, 1985.

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.