

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

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DA
BOVINOCULTURA DE LEITE E CAMA DE AVIÁRIO**

Aluno: Milton Fernando de Jesus
Blanco
Orientador: Prof^a. Dr^a. Dilcemara
Cristina Zenatti

PALOTINA - PR
Agosto de 2013

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

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DA
BOVINOCULTURA DE LEITE E CAMA DE AVIÁRIO**

Aluno: Milton Fernando de Jesus
Blanco

Orientador: 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/2013

A meus pais, Milton Blanco Gerona e Lucia Ap. Danilussi Gerona e minhas Irmãs Cristiane Ap. Blanco, Cassiane Cristina Blanco e Leide Graciela Blanco e demais familiares, servindo-me como exemplo de educação, sabedoria, sucesso, incentivo e apoio durante mais essa etapa.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, a nosso Senhor Jesus, e a Nossa Senhora Aparecida pela saúde e pela possibilidade de concluir este curso.

Aos meus pais, Milton Blanco Gerona e Lucia Ap. Danilussi Gerona, pela ajuda em todos os momentos da minha vida, pelo apoio e dedicação sem quantificar esforços, aos ensinamentos sobre como ser uma pessoa digna na vida e pela disponibilidade e ajuda na realização deste trabalho.

As minhas irmãs, Cristiane Ap. Blanco, Cassiane Crs. Blanco, Leide Gr. Blanco, pela amizade, companheirismo e apoio em todos os momentos

A minha namorada, Denia Bruna da S. Elias pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho estando sempre ao meu lado apoiando, por sua compreensão nas horas que precisei me ausentar, ou deixar de estar ao seu lado em função do estudo, possibilitando assim que o meu sonho tornasse realidade.

A Professora, Dilcemara Cristina Zenatti, pela amizade, dedicação, orientação, apoio, paciência, e por demonstrar que a pesquisa é algo de grande valor. O meu muito obrigado.

A todos os professores desta renomada instituição que fizeram parte fundamental deste trabalho, através de todos os ensinamentos passados.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Marechal Cândido Rondon, instituição na qual realizei meu estágio e que me permitiu fazer experimentos e obter dados que utilizei neste trabalho.

Ao prof^o Armin Feiden, pela supervisão de estágio, admirável solicitude e pelos muitos ensinamentos transmitidos

Aos meus amigos em especial Fabio Willians, Giovana Giacobbo, Karlin, pela amizade e companheirismo ao longo destes 4 anos.

Aos amigos e colegas pela convivência, amizade e toda ajuda que recebi durante o decorrer desta graduação.

E a todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 BIOMASSA.....	4
3.2 BIODIGESTORES.....	5
3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA.....	7
3.4 BIOGÁS.....	9
3.5 SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS.....	10
3.6 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	11
3.7 NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	12
3.8 DENSIDADE	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 SÉRIE DE SÓLIDOS.....	17
4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	18
4.3 NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 PRODUÇÃO DE BIOGÁS.....	20
5.2 REMOÇÃO DE SÓLIDOS.....	21
5.3 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS E PRODUÇÃO DE BIOGÁS	23
5.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	24
5.5 NITROGÊNIO AMONÍACAL.....	25
5.6 DENSIDADE DOS DEJETOS	26
6 CONCLUSÕES.....	28

7 REFERÊNCIAS.....29

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Rotas metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia	7
FIGURA 2: Modelo utilizado no estudo	13
FIGURA 3: (A) parte superior do biodigestor, (B) caixa de alimentação	14
FIGURA 4: Estábulo da propriedade	15
FIGURA 5: Medidor de gás	17
FIGURA 6: Curva de calibração para DQO.....	19
FIGURA 7: Produção de biogás durante o período de 20 de maio de 2013 a 12 de julho de 2013.....	21
FIGURA 8: Quantidade de Sólidos Voláteis do Afluente e Efluente do Biodigestor e a Remoção dos Sólidos Voláteis.....	22
FIGURA 9: Quantidade de Sólidos Voláteis Removidos em relação à Produção de Biogás.	23
FIGURA 10: Quantidade de Biogás em Relação a Redução de Biogás.	24
FIGURA 11: Quantidade de Biogás em Relação ao Aumento de Nitrogênio Amoniacal.....	26
FIGURA 12: Análise da Densidade dos Afluentes e Efluentes.....	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Produção diária de esterco (fezes + urina), por animais de raças leiteiras, com 87,3% de umidade, 933,00 kg m ⁻³ de densidade e conteúdo em nutrientes.....	5
TABELA 2: Composição do Biogás.....	9
TABELA 3: Comparativo de diferentes fontes de energia com o biogás.....	10
TABELA 4: Concentração da curva de calibração	18

RESUMO.

A cadeia produtiva do leite vem sofrendo mudanças no processo de criação de animais, passando de um sistema de criação extensivo para a criação intensiva. Com a concentração de animais em pequenas áreas há um acúmulo de dejetos, estes mal manejados podem resultar em contaminação do ambiente. Devido a este fator busca-se maneiras de mitigar este impacto, e neste contexto a biodigestão anaeróbia é uma alternativa, pois origina subprodutos (biogás e biofertilizante), os quais podem retornar ao ciclo de produção. Por este motivos se desenvolveu o estudo da biodigestão de dejetos de bovinos de leite com a adição de 30 kg de cama de aviário na estação experimental da UNIOESTE em Marechal Cândido Rondon/PR, com o objetivo de avaliar a produção de biogás em relação ao teor de sólidos voláteis, teor de DQO e teor de nitrogênio amoniacal dos dejetos. A biodigestão ocorreu em um biorreator vertical, com alimentação contínua, e com volume útil de 19,56 m³. Adicionava-se em média 374 kg de dejetos por dia, sendo 30 kg de cama de aviário e 344 kg de dejetos bovinos, o qual produziu em média 3,94 m³ de biogás dia⁻¹. A remoção de sólidos voláteis influenciou a produção de biogás de forma direta, ou seja, quanto maior a redução de sólidos maior a produção de biogás. A remoção de DQO média foi de 36% esta também está relacionada com o volume de biogás gerado. Já para nitrogênio amoniacal houve um incremento médio após o tratamento de 2,4% este impactou de forma negativa a produção de biogás, quanto maior foi o incremento de N-NH₄⁺ menor foi a produção de biogás. A densidade apresentou valores maiores para efluente do que para afluentes, com exceção para algumas semanas.

Palavras: Ambiente, subprodutos, biodigestão

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é considerada uma das mais importantes no Brasil. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA 2011) para o ano de 2009 o PIB relacionado a este setor foi de 34,5 bilhões de reais. Os empregos relacionados a esta cadeia encontram-se em 3,6 milhões de pessoas e corresponde 40% do emprego gerado no meio rural (EMBRAPA GADO DE LEITE, 2009). O Brasil segundo *International Farm Comparison Network* (IFCN 2012), é o quinto maior produtor mundial de leite.

Segundo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2012), o rebanho brasileiro de bovinos (corte e leite) em 2011 atingiu 212,8 milhões de cabeças, sendo 10% deste efetivo de vacas ordenhadas. O estado do Paraná contribuiu com 9,4 milhões de cabeças, deste 16,4% são de vacas destinadas a ordenha.

O município de Marechal Cândido Rondon/PR é o 13º município no ranking, em nível nacional, de produção de leite com um rebanho de 21.402 vacas, distribuídas em 1.862 propriedades (IBGE, 2012).

Devido ao rumo tomado pela bovinocultura no Brasil, com enfoque principal a bovinocultura de leite, esta acabou passando de um sistema de criação extensivo, ou seja, vacas criadas a pasto, para o sistema intensivo o qual faz utilização do confinamento. Segundo Orrico Junior *et al.* (2010), a bovinocultura não era considerada como um setor que trazia danos ao meio ambiente, visto que o manejo dos animais era realizado em grandes áreas, porém com a oferta de áreas para a criação de animais reduzida o sistema de criação foi alterado para o confinamento. O grande problema da criação intensiva de animais é a geração de volumes maiores de dejetos em pequenas áreas.

Os bovinos produzem dejetos os quais apresentam elevado teor de energia, este ainda contém grande diversidade de macro e micronutrientes e água, sendo considerado substrato ótimo para o desenvolvimento de vetores de doenças os quais tem grande importância para a sanidade animal (AMARAL *et al.*, 2004). A disposição destes dejetos muitas vezes é inadequada como em curso hídrico, ou propriamente no solo, resultando assim em poluição das águas subterrâneas e superficiais e elevando também a emissão dos gases responsáveis pelo efeito estufa (MACHADO, 2011).

Para a mitigação deste problema, um dos sistemas os quais podem ser utilizados é a biodigestão anaeróbia (AMARAL *et al.*, 2004). Segundo Orrico Junior *et al.* (2010), a fermentação anaeróbia merece um enfoque, devido a conversão do resíduo em biofertilizante, como também a produção de biogás, sendo esta uma forma de energia alternativa.

A energia proveniente do biogás apresenta inúmeras vantagens na propriedade rural, pois possibilita ao homem uma melhor qualidade de vida e ainda a fixação do mesmo no campo, devido ao surgimento de novas oportunidades e lucros, agregando valor aos resíduos gerados *in situ* (BARREIRA, 1993).

O biogás difere das outras energias renováveis obtidas das plantas (álcool e biodiesel e entre outras), pois o mesmo ocupa pequena área de terra para a sua produção. O processo de biodigestão anaeróbia une os benefícios da produção de energia, com a conservação do meio ambiente e melhoria da agricultura, assim demonstrando a grande importância social, econômica e ambiental deste tratamento (QUADROS *et al.* 2007, citado por SOARES, 2011).

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo visa o monitoramento de um biodigestor em escala experimental alimentado com dejetos de bovinocultura de leite juntamente com cama de aviário de uma propriedade localizada em Marechal Cândido Rondon/PR.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a. Verificar se a concentração do afluente e efluente do biodigestor em DQO, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos e nitrogênio amoniacal favorecem ou não a produção de biogás;
- b. Analisar a densidade dos afluentes e efluentes do biodigestor;
- c. Avaliar a eficiência do processo de biodigestão anaeróbia em função da remoção de DQO e Sólidos Voláteis;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BIOMASSA

Segundo Bristoti & Silva (1993) a biomassa é o material orgânico produzidos por todos os seres vivos, desde a fixação da energia solar nas moléculas, passando por toda a cadeia trófica.

Durante muito tempo, a biomassa foi utilizada como fonte de energia. Com a descoberta do petróleo a biomassa teve um decréscimo na sua utilização devido as características superiores energéticas do mesmo. Entretanto na atualidade, a utilização da biomassa como fonte de energia está retomando o crescimento, em virtude da grande atenção dada ao meio ambiente (SPEIGHT, 2008).

São diversas as fontes de biomassa para a obtenção de energia, resíduos agrícolas, resíduos industriais, dejetos animais e urbanos, culturas energéticas e entre outros (IEA, 2007). De acordo com Lora e Andrade (2004), a biomassa apresenta um grande potencial energético, tanto em patamares mundiais como para o Brasil.

Uma reduzida parte da energia fornecida aos animais pela alimentação é convertida em leite, carne, gordura, entre outros. Em sua maioria é descartada para o meio na forma de fezes, urina e calor (KELLY, 1950)

Segundo Coldebella *et al.* (2006), os dejetos gerados na criação de animais os quais são considerados passivos ambientais estão sendo utilizado na geração de gás e fertilizantes. Neste processo, o resíduo é utilizado como matéria prima para as bactérias metanogênicas.

A fermentação a qual ocorre no rúmen do bovino é um pré-tratamento, onde desenvolvem-se naturalmente as bactérias. Os resíduos produzidos por bovinos são considerados inóculo para o processo de biodigestão, com a adição deste produto no processo fermentativo em pouco tempo ocorre a produção de biogás (LUCAS JR. *et al.*, 1993).

A característica dos dejetos produzidos pelos animais é variável de acordo com idade, peso, alimentação consumida, quantidade de água ingerida, estações do ano entre outros fatores (CAMPOS, 1997). Os valores representados na Tabela 1

correspondem a uma média das características dos resíduos gerados pela bovinocultura de leite.

TABELA 1: Produção diária de esterco (fezes + urina), por animais de raças leiteiras, com 87,3% de umidade, 933,00 kg m⁻³ de densidade e conteúdo em nutrientes.

Peso animal (Kg)	Produção Total de Esterco (m ³ dia ⁻¹)	Conteúdo em Nutrientes (g dia ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
68	0,005	27,22	10,4	21,85
113	0,009	45,36	20,78	38,25
227	0,019	90,72	37,42	76,49
454	0,037	185,97	75,87	147,52
635	0,052	258,55	106,02	207,63

FONTE: MWPS-18 (1985) adaptado por CAMPOS (1997).

Segundo Nogueira (1986), a produtividade de biogás é variável de acordo com o substrato que está sendo utilizado. Para o esterco de bovino estima-se que em cada quilograma de esterco produzidos pode-se gerar 0,04 m³ de biogás.

3.2 BIODIGESTORES

O primeiro relato da construção de um biodigestor pelo homem se deu em 1859 na Índia, na qual teve como substrato do processo os resíduos animais (CAEEB; SILVA & AZEVEDO, 1981 e MEYNELL, 1976 citado por TEIXEIRA, 1985)

Segundo Teixeira (1985), na Índia em 1939 se criou o primeiro biodigestor doméstico. Neste permitia-se a utilização de esterco bovino para a obtenção de gás, e também para a produção de biofertilizante.

No Brasil, segundo Silva (1981) citado por Teixeira (1985), foi realizado a implantação do primeiro biodigestor particular no ano de 1960 no estado de Minas Gerais, mas antes deste o Ministério da Agricultura já havia publicado estudos sobre a produção de biogás no Instituto Agrônomo do Nordeste em Recife.

O Brasil apresenta uma área territorial muito extensa que em sua maioria encontra-se localizada entre a linha do equador e o trópico de capricórnio, assim favorecendo a utilização do processo de biodigestão em virtude das temperaturas mais altas (ANDRADE, *et al.*, 2012)

De acordo com Deganutti, *et al.* (2002), a produção de biogás é obtida com o auxílio de um equipamento denominado biodigestor. Este é constituído de uma

câmara fechada na qual é adicionado a matéria orgânica, onde a mesma sofrerá o processo de decomposição em meio anaeróbico, dando origem ao biogás e o biofertilizante.

Segundo Kunz (2005), na atualidade busca-se o desenvolvimento e adaptação de biodigestores, visando aumentar a eficiência como também reduzir custos para a implementação do sistema. A grande amplitude existente em relação aos biodigestores é devido a busca pela melhor adequação as características intrínsecas do meio no qual este está inserido (DEGANUTTI, *et al.* 2002).

Segundo Andrade (2012), existem três sistemas de alimentação dos biodigestores: o contínuo, batelada e o intermitente (semi-batelada). O contínuo é o mais utilizado, este recebe uma vazão periódica de material orgânico e concomitantemente gera um volume periódico de biofertilizante, este é apropriado para fluidos uniformes. Já o sistema em batelada recebe um volume total, sendo este retido até o final do processo de degradação, e posterior é esvaziado. Este sistema é útil em situações aonde os resíduos são obtidos periodicamente. O sistema misto é utilizado para palhas juntamente com esterco de animais.

Entre os modelos de biodigestores mais utilizados com alimentação contínua no meio rural estão: biodigestor balão, biodigestor modelo Chinês e modelo Indiano. O primeiro apresenta baixo custo de implantação, facilidade de transporte e pode ser feito sobre a superfície do terreno ou em pequenas profundidades, propicio para regiões de lençol freático superficial. As desvantagens deste equipamento é a sensibilidade à luminosidade solar, vida útil curta e grande oscilação térmica (ANDRADE, 2012).

Já o biodigestor tipo Indiano, segundo Deganutti *et al.*(2002), é de fácil construção, mais em termos de custo pode-se tornar caro em virtude do gasômetro de metal. A matéria prima utilizada neste equipamento necessita de concentrações de sólidos não superiores a 8% e a alimentação deve ser contínua.

De acordo com Andrade (2012), o biodigestor tipo Chinês é todo construído em alvenaria e se baseia no principio de prensa hidráulica. Este equipamento pode resultar em vazamento do biogás, caso não seja construída de forma correta, neste biodigestor uma parte do gás é perdida na caixa de saída. O substrato utilizado neste biorreator deve apresentar as mesma características do adicionado no modelo do biodigestor Indiano.

3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

Segundo Douglas (1976, citado por Teixeira 1985), os microrganismos agentes na digestão anaeróbia, existiam desde do início da vida, sendo estes os primeiros a habitarem a terra.

A biodigestão anaeróbia é um processo de fermentação de materiais orgânicos, onde ocorre a produção de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) em maior quantidade. Este processo é eficiente na redução de poluentes (HILLS, 1980).

Segundo Machado (2011) a biodigestão anaeróbia é composta por quatro fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. As quais estão resumidas na Figura 1.

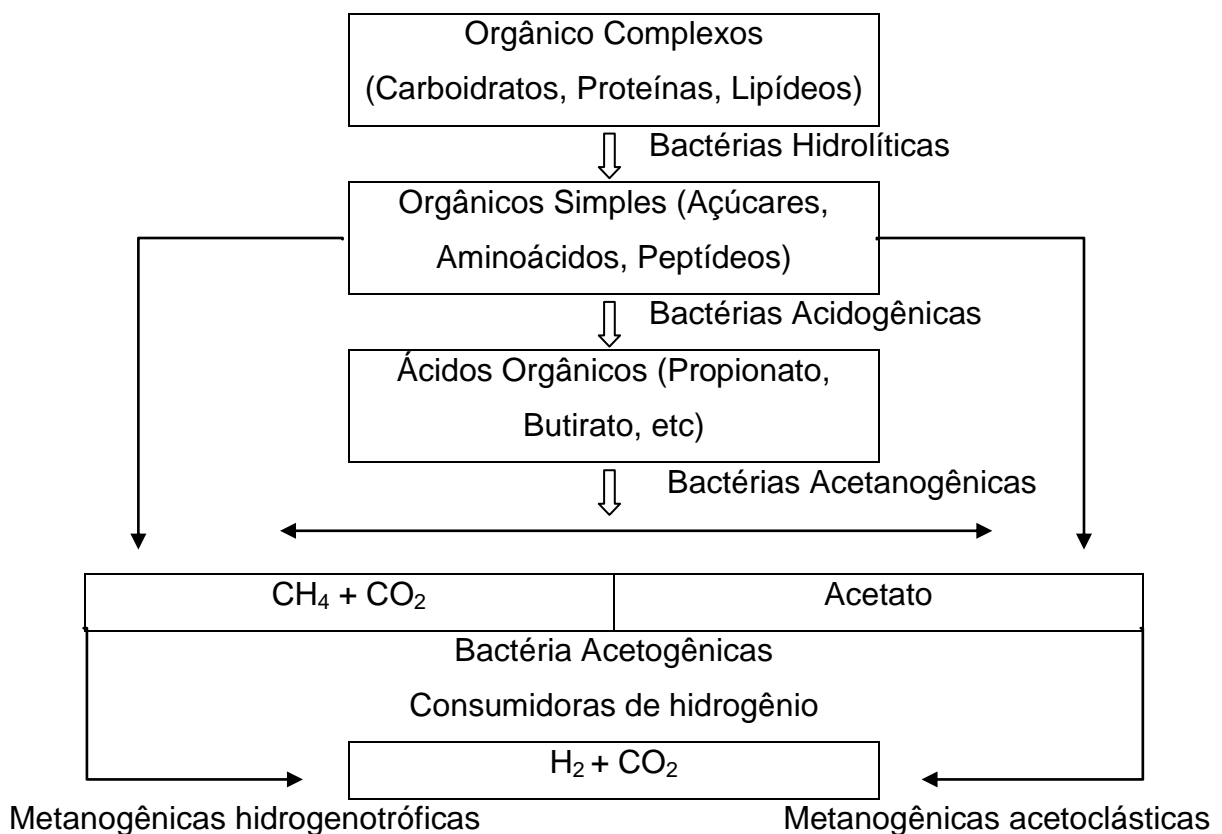


FIGURA 1: Rotas metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia

FONTE: Adaptado de CHERNICHARO (1997)

De acordo com Speece (1983), os compostos orgânicos no início do processo fermentativo passam pela hidrólise, sendo as bactérias quimioheterotróficas não metanogênicas responsáveis pela conversão dos compostos mais complexos em alcoóis, ácidos voláteis, hidrogênio, CO₂ e açúcar.

O processo sequencial de hidrólise segundo Lucas Jr. & Santos (2000), corresponde a fermentação de açúcares e aminoácidos, resultando em compostos intermediários. Posterior a esta fase ocorre a oxidação dos compostos intermediários para acetato, hidrogênio e dióxido de carbono e no final as arqueas metanogênicas convertem acetato e hidrogênio em metano e dióxido de carbono (MACHADO 2011).

A hidrólise pode ser afetada por diferentes fatores: temperatura, tempo de retenção do substrato no reator, granulometria das partículas, pH, composição do substrato, entre vários outros (CHERNICHARO, 1997). Segundo Azevedo *et al.* (2004) a fase da hidrólise em muitos casos é limitante da velocidade da conversão do material orgânico para o biogás.

Na fase da metanogênese existem nove espécies de bactérias as quais podem dar origem ao metano estas são divididas em três grupos psicrófila, mesófila e termófila, esta classificação se baseia na temperatura ótima de desenvolvimento. Estes microrganismos são sensíveis a variações bruscas de temperatura, quando ocorre quedas de temperatura a uma redução gradativa da produção de gás (FILHO, 1981).

A metanogênese é a fase mais sensível do processo segundo Filho (1981), os fatores que influenciam na atividade das bactérias metanogênicas podem ser: pH, temperatura interna do biodigestor, tempo de retenção, concentração de sólidos voláteis, relação carbono/nitrogênio presença de substâncias tóxicas entre outras. Outro fator que interfere na produção de metano é a formação de bolhas de metano e dióxido de carbono em torno do microrganismo metanogênico, assim não deixando o mesmo entrar em contato com o substrato (AZEVEDO *et al.*, 2004).

Para se ter um processo de biodigestão desejado deve-se manter as condições de temperatura, pH ideais das bactérias, para que as mesmas sobrevivam no meio e consigam se multiplicar (SOARES, 2011).

3.4 BIOGÁS

Segundo Deganutti, *et al.* (2002), o biogás é um produto no qual tem em sua composição em maior parte o gás metano aproximadamente 50 a 80%, e dióxido de carbono, possuindo ainda uma pequena parte de gás sulfídrico, nitrogênio, entre outros gases (Tabela 2).

O biogás é resultante da fermentação anaeróbia (digestão anaeróbia) de dejetos animais, lixo orgânico e resíduos vegetais. Este gás não apresenta cor e quando queimado a coloração da chama é azul lilás, não deixa fuligem e apresenta um baixo índice de poluição (DEGANUTTI, *et al.*, 2002).

TABELA 2: Composição do Biogás

Gás	Símbolo	Concentração no biogás (%)
Metano	CH ₄	50-80
Dióxido de Carbono	CO ₂	20-40
Hidrogênio	H ₂	01-03
Nitrogênio	N ₂	0,5-03
Gás sulfídrico e outros	H ₂ S, CO, NH ₃	01-05

FONTE: Adaptado de LA FARGE (1979) citado por WEBER 2013.

O poder calorífero do biogás é dependente do teor de metano presente no mesmo, o valor mais comum de se encontrar é de 5.000 a 6.000 kcal/m³. Na Tabela 3 pode-se observar um comparativo de diferentes fontes de energia com o biogás (FILHO, 1981). Segundo Souza *et al.* (2005), o gás natural na Europa está sendo substituído pelo biogás devido a dificuldade de obtenção do mesmo.

A energia proveniente de fontes renováveis, são de grande valor para a sociedade como também para o meio ambiente, pois as mesma descentralizam a produção de energia (COLDEBELLA, *et al.* 2006). Segundo Esperancini *et al.* (2007), fontes alternativas de energia podem reduzir os custos do produtor rural trazendo impactos socioeconômicos positivos.

TABELA 3: Comparativo de diferentes fontes de energia com o biogás

Biogás m ³	Equivalências			
	Fonte Energética	Quantidade		
		Lts	kg	kwh
1,63	Gasolina	1		
1,8	Óleo Diesel	1		
1,73	Querosene	1		
1,58	Gasolina de avião	1		
2	Óleo combustível	1		
1,81	Petróleo médio	1		
1,26	Álcool combustível	1		
2,2	Gás liquefeito de petróleo		1	
0,65	Lenha		1	
1,36	Carvão vegetal		1	
0,29	Xisto		1	
0,7	Energia elétrica			1

FONTE: Filho (1981)

Para a utilização do biogás para a geração de energia através da combustão interna em motores, turbinas a gás ou micro-turbinas, devem ser avaliados alguns parâmetros do biogás, como o teor de água, remover o ácido sulfídrico (H₂S), identificar a vazão do gás, composição química do mesmo e o poder calorífero (COELHO *et al.*, 2005).

O uso do biogás para fins de geração de energia elétrica a partir da queima do mesmo em motores de combustão interna acoplados em geradores apresenta um índice de aproveitamento de 30% (SOARES, 2011).

3.5 SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS

Segundo Corseuil (2013), sólidos são considerado todo o material exceto a água contida em líquidos, ou seja, é o material resultante do processo de evaporação e secagem de um produto.

Sólidos totais é uma análise quantitativa de um material que não seja água em uma amostra. Sólidos fixos são obtidos do material provindo dos sólidos totais submetidos a queima a 550°C, no qual as frações inorgânicas permanecem como

cinzas ou propriamente sólidos totais fixos. Sólidos voláteis são resultantes da diferença entre os sólidos totais e os sólidos fixos, esse demonstra a quantidade de material biodegradável, ou seja, quanto maior este valor maior a produção de biogás (LABIOGAS, 2013).

Sólidos voláteis refere-se ao material orgânico passível de transformação, sendo este o substrato para as bactérias converterem em biogás (OLIVEIRA, 2006)

3.6 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Segundo Sgorlon *et al.* (2011), outro parâmetro de importância para a biodigestão é a DQO (demanda química de oxigênio), a qual, está relacionada com a estabilidade da matéria orgânica, quanto maior a sua remoção melhor é a degradação do resíduo.

A DQO é definida como a quantidade de um oxidante necessário para oxidar os componentes de uma amostra a qual seja oxidável por um agente oxidante forte (dicromato de potássio) em uma solução ácida (APHA, 1992, citado por ASSENHEIMER, 2007).

A DQO em sua grande parte (70%) é digerida e convertida em ácido acético na fase de acetogênese, e o restante da DQO é acrescentado ao hidrogênio formado (AZEVEDO *et al.*, 2004).

Segundo Braile & Cavalcanti (1993) os resíduos são considerados facilmente degradados quando apresentam uma relação entre demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio menor que 2.

3.7 NITROGÊNIO AMONIAICAL

O nitrogênio amoniacal é um parâmetro importante, pois dependendo da sua concentração no meio fermentativo, pode ser um fator benéfico ou limitante para a atividade metanogênica (FELIZOLA *et al.* 2006).

Segundo Wiesmann *et al.* (2007), o incremento do N-NH_4^+ no processo de biodigestão anaeróbica se deve a degradação do nitrogênio ligado covalentemente a estruturas complexas, presentes no substrato.

3.8 DENSIDADE

Segundo Libard (1995) a densidade é a razão da massa pelo volume de um corpo. Quanto menor o volume ocupado por determinada massa, maior será a densidade (FOGAÇA, 2013).

Sua equação é:

$$d = \frac{m}{v}$$

Sendo:

d: densidade;

m: massa;

v: volume.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O local onde realizou-se o estudo foi na Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – *Campus* de Marechal Cândido Rondo/ PR. As coordenadas geográficas situam-se em latitude 24°33'40''S, longitude 54°04'12'' W e altitude de aproximadamente 420 metros, o trabalho foi realizado no período de 20 de maio de 2013 a 12 de julho de 2013.

O biodigestor experimental utilizado no estudo, é um modelo vertical, de fluxo contínuo, fabricado em fibra de vidro, da marca Bioköhler, formada pela união de duas caixas d' água de 10.000 litros cada, sendo uma caixa normal e a outra com o fundo arredondado, a primeira encontra-se aterrada no solo para ocupar menos espaço. O equipamento (Figura 2) ainda contém uma saída para manutenção, o que permite a abertura da mesma em caso de necessidade.

Na Figura 3, pode-se observar a parte superior do biodigestor juntamente com a caixa de alimentação onde se efetuava a homogeneização do substrato juntamente com a cama de aviário.

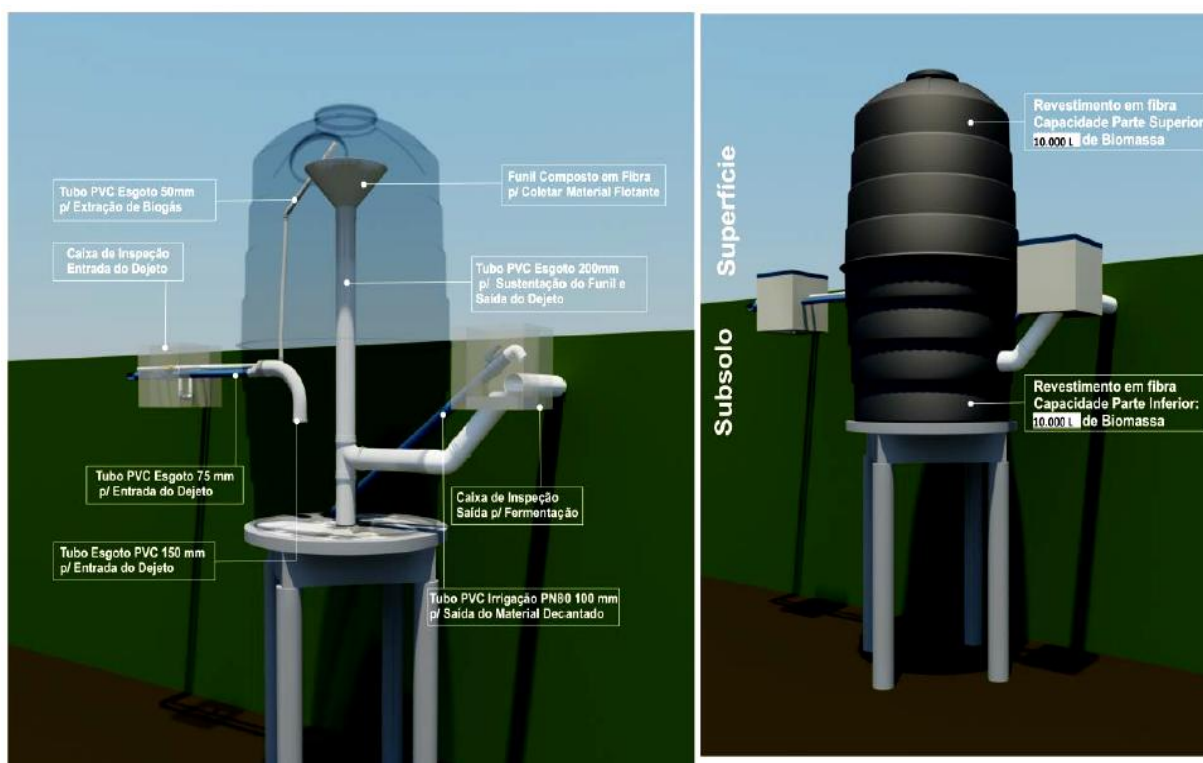


FIGURA 2: Modelo utilizado no estudo

FONTE: WEBER (2013)



FIGURA 3: (A) Parte superior do biodigestor, (B) Caixa de alimentação

A câmara de fermentação apresenta um volume útil de $19,56 \text{ m}^3$. A tubulação de resíduos destinado a alimentação do biodigestor é toda subsuperfície para que não ocorra problemas resultantes da incidência luminosa, como também de possíveis impactos que venham a danificá-la, bem como entrada de água da chuva.

Os dejetos eram provindos de um estábulo (Figura 4), que servia de local de alimentação das vacas. O número de animais que forneciam os dejetos totalizava 12, os mesmos eram da raça holandesa. Estes animais permaneciam no local durante um período de 5 horas por dia.

A raspagem do estábulo era realizada posteriormente a ordenha, o mesmo era higienizado com água potável. Dessa forma os dejetos eram diluídos e posterior encaminhado para a camará de alimentação do biodigestor, com o auxílio da gravidade devido a diferença de nível existente entre os locais.

Após os dejetos bovinos serem encaminhados para a caixa de alimentação, o mesmo era quantificado através da aferição da altura atingida pela solução de dejetos. Posteriormente a medição realizava-se a homogeneização dos dejetos e em seguida promovia-se a coleta da amostra de entrada do biodigestor, como também a determinação da densidade, através de um densímetro manual da marca Incotrm, modelo número 5582, sendo a escala de 1,000 a 1,100 g mL⁻¹, aferido a 20°C.



FIGURA 4: Estábulo da propriedade

Com o auxílio de uma bomba centrífuga realizava-se a alimentação do biodigestor, a mesma era feita em dois estágios. No primeiro estágio era realizada apenas a adição dos dejetos bovinos diluídos com água, este fazia-se até aproximadamente a metade da caixa de alimentação. No segundo estágio, realizava-se a adição de trinta quilos de cama de aviário, esta era bem homogeneizada com os dejetos bovinos e posteriormente realizava-se novamente a alimentação do biodigestor.

O biodigestor sendo de alimentação contínua, no mesmo momento da alimentação, ocorria o descarte do biofertilizante pela sua saída. Neste momento, realizava-se a segunda coleta de material sendo esta a de saída.

Terminado a alimentação do biodigestor realizava-se a segunda medida da altura de dejetos presente na caixa de alimentação, sendo este, o qual a bomba não consegue succionar.

Após as aferições realizava-se o cálculo do volume de entrada a partir de equação a seguir:

$$V = \frac{d * H * \pi}{4}$$

V = Volume.

H = Diferença de altura.

π = *PI*, proporção numérica que tem origem na relação entre o perímetro de uma circunferência e seu diâmetro, tendo valor aproximado de 3,14.

d = Diâmetro, a caixa de alimentação apresentava diâmetro de 1 metro.

A alimentação era realizada todos os dias com exceção aos domingos, o volume médio adicionado ao biodigestor foi de aproximadamente $0,394 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Assim gerando um tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 51 dias.

As coletas das amostras para efetuar as análises foram feitas três vezes na semana, as segundas, quartas e sextas feiras totalizaram 49 amostras sendo metade destas referente ao afluente do biodigestor, e a outra metade de efluente. E uma amostra da cama de aviário.

As amostras eram acondicionadas em garrafas PET reutilizadas de 500 mL. Posteriormente as coletas das amostras, as mesmas eram armazenadas em congelador até a realização das análises.

O biogás gerado no processo fermentativo era quantificado pelo aparelho medidor de gás fabricado pela LAO Indústria, modelo G 0,6 (Figura 5), projetado para medição de consumo doméstico de gás natural, GLP ou manufaturado. Este aparelho apresentava um sistema de irreversibilidade, o qual evita o fluxo do produto no sentido contrário ao da instalação.



FIGURA 5: Medidor de gás

4.1 SÉRIE DE SÓLIDOS

Para a determinação de sólidos seguiu-se os métodos estabelecidos pela APHA (American Public Health Association) em 1995, sendo o método 2540-B correspondente ao sólidos totais; e o 2540-E aos sólidos fixos e voláteis (CEPPA, 2012).

O método consiste primeiramente em levar os cadinhos para a mufla a 560°C, por um período de duas horas. Após a retirada dos cadinhos da mufla esperou-se os mesmos a esfriar em dessecador. Posteriormente os mesmos são previamente tarados e adicionou-se um volume de 10 mL da amostra.

Após estes foram levados para estufa a 105°C por 8 horas. Depois de resfriado em dessecador e pesá-lo novamente, obtendo-se o peso seco. Por fim adicionou-se os cadinho a mufla novamente por um período de 2 horas a temperatura de 560°C, posterior resfriou-se os mesmos no dessecador e promoveu-se a pesagem.

Para analisar a cama de aviário foi utilizado 5 gramas deste matéria, e procedeu os mesmos passos relacionado à análise dos dejetos bovinos. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

Os equipamentos utilizados foram disponibilizados no Laboratório de Química Analítica e Produção de Biogás da UFPR – Setor Palotina, sendo eles:

- a) Estufa com circulação e renovação de ar SL-102 da SOLAB;

- b) Balança analítica SHIMADZU modelo AY220; e
- c) Mufla GP Científica – Calibração NBR ISSO/IEC 17025 CAL 0183

4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A determinação da demanda química de oxigênio foi realizada de acordo com a metodologia de Foresti *et al.* (2005). Na qual foi adicionado em um tubo de vidro, 2,5 mL do dejetto bovino diluído, este foi diluído na proporção de 1:100 devido a alta concentração de DQO. Posteriormente realizou-se a adição de 3,5 mL de solução catalítica (Ag_2SO_4) e 1,5 mL de solução digestora ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HgSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$).

Os tubos com a solução, foram levados a autoclave, os quais permaneceram 2 horas a 120°C. Após resfriado estes foram levados ao Laboratório de Química Instrumental, aonde realizou-se as leituras de absorvância no espectrofotômetro, no comprimento de onde de 620 nm.

Os resultados de absorvância foram inseridos na equação obtida a partir da curva de calibração (Figura 6) feita com padrão de KHP (Hidrogenoftalato de potássio) nas seguinte concentrações (Tabela 4).

TABELA 4: Concentração da curva de calibração

Padrão	Médias da Absorvância	Concentração (mg DQO/L)
1	0,021	100
2	0,075	200
3	0,137	300
4	0,176	400
5	0,225	500
6	0,279	600
7	0,355	700

Para a cama de aviário foi adicionado 2 gramas do material dentro dos tubos de vidro e posteriormente realizou-se os mesmos procedimentos realizados para os dejetos bovinos.

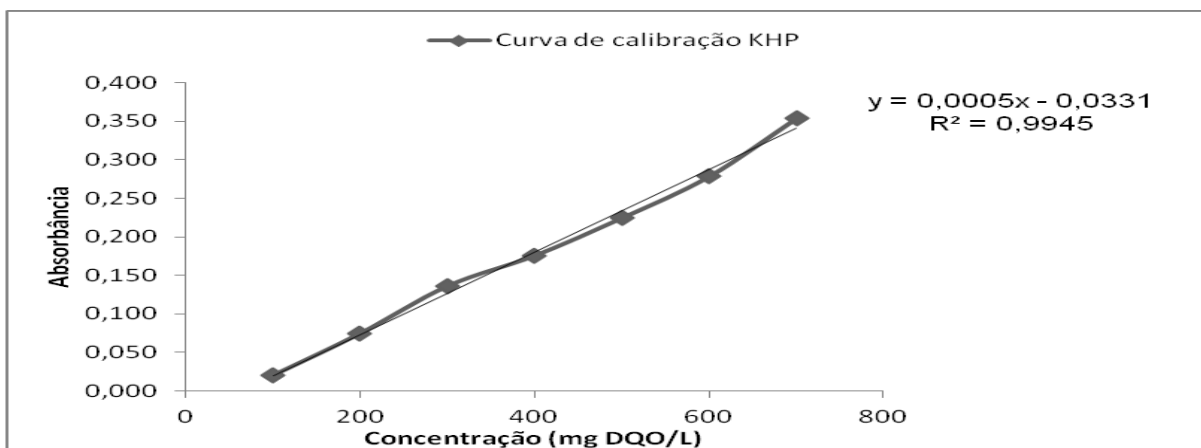


FIGURA 6: Curva de calibração para DQO

Equipamentos utilizados foram disponibilizados pelo Laboratórios de Química Analítica e Produção de Biogás, Laboratório de Química Instrumental da UFPR – Setor Palotina, sendo eles:

- a) Espectrofotômetro modelo NOVA 1600 UV
- b) Autoclave vertical AV Phoenix Luferca.

4.3 NITROGÊNIO AMONIACAL

A determinação do nitrogênio amoniacal foi realizada de acordo com a metodologia empregada por Foresti *et al.* (2005) método de Kjeldahl. Primeiramente, realizava-se o preparo da solução de ácido bórico a 4% juntamente com indicador misto em um erlenmeyer, após era preparado em um tubo para destilação contendo 5 mL do efluente ou afluente do biodigestor, após este era levado para o equipamento destilador no qual era adicionado hidróxido de sódio a 40%. A amostra ficava no processo de destilação até atingir volume no erlenmeyer de 50 mL. Seguidamente era levado para o processo de titulação no qual utilizava ácido sulfúrico a 0,1N.

Para a determinação do nitrogênio amoniacal presente na cama de aviário se procedeu da mesma forma que para com os dejetos bovinos. A única alteração realizada foi a quantidade de amostra utilizada, 4 gramas.

Os equipamentos utilizados foram disponibilizados pelo Laboratórios de Química Analítica e Produção de Biogás da UFPR – Setor Palotina, sendo ele:

- a) Destilador de Nitrogênio TECNAL modelo TE – 0363.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRODUÇÃO DE BIOGÁS.

No trabalho desenvolvido a média diária de entrada no biodigestor foi de aproximadamente $0,340 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. O mesmo pode ser convertido em massa, visto que a densidade média do material foi de 1,012. Assim a massa introduzida no processo fermentativo foi de aproximadamente 344 kg de dejetos bovinos.

Também foi utilizado 30 kg de cama de frango. A somatória da massa de dejetos bovinos mais a cama de frango totalizaram 374 kg. Esta matéria foi adicionada diariamente ao biorreator.

A produção de biogás apresentou média diária de $3,94 \text{ m}^3$. O menor volume de biogás gerado foi de $0,0180 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e o maior foi de $6,809 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. O desvio médio padrão encontrado para o estudo foi de aproximadamente $1,26 \text{ m}^3$. Sendo o valor de desvio médio maior do que o encontrado por Weber (2013), que estudou a biodigestão com apenas dejetos bovinos, no período de verão, encontrou valores de desvio médio de $1,053 \text{ m}^3$, e produção média de $3,408 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ de biogás.

A produção de biogás (Figura 7) convertida por unidade animal correspondeu a $0,28 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ em média, sendo esta inferior aos valores encontrados por Campos (1998), em um estudo com 100 vacas leiteiras, geraram dejetos para produção 118 m^3 de biogás, cada animal produziu dejetos para gerar em média $1,18 \text{ m}^3$ de biogás dia^{-1} . Santos (2000), em um estudo com bovinos de leite determinou que em média cada animal produz dejetos para gerar $0,98 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ de biogás. A discrepância dos resultados pode ter se dado em virtude da baixa concentração de sólidos voláteis adicionado ao biodigestor. Mesmo com a adição da cama de aviário o afluente do biodigestor encontrava-se muito diluído. Outro fator que pode ter contribuído é o curto período (5 horas) de permanência dos animais no estábulo.

Na Figura 7 está representada o volume de biogás gerado ao longo da condução do estudo. Como pode-se observar, no período posterior ao dia 24 de maio houve uma queda da produção de biogás, aproximando-se de $0,015 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$,

podendo esta baixa produção ter se dado em virtude da baixa temperatura ambiente ou adição de algum produto químico (antibiótico).

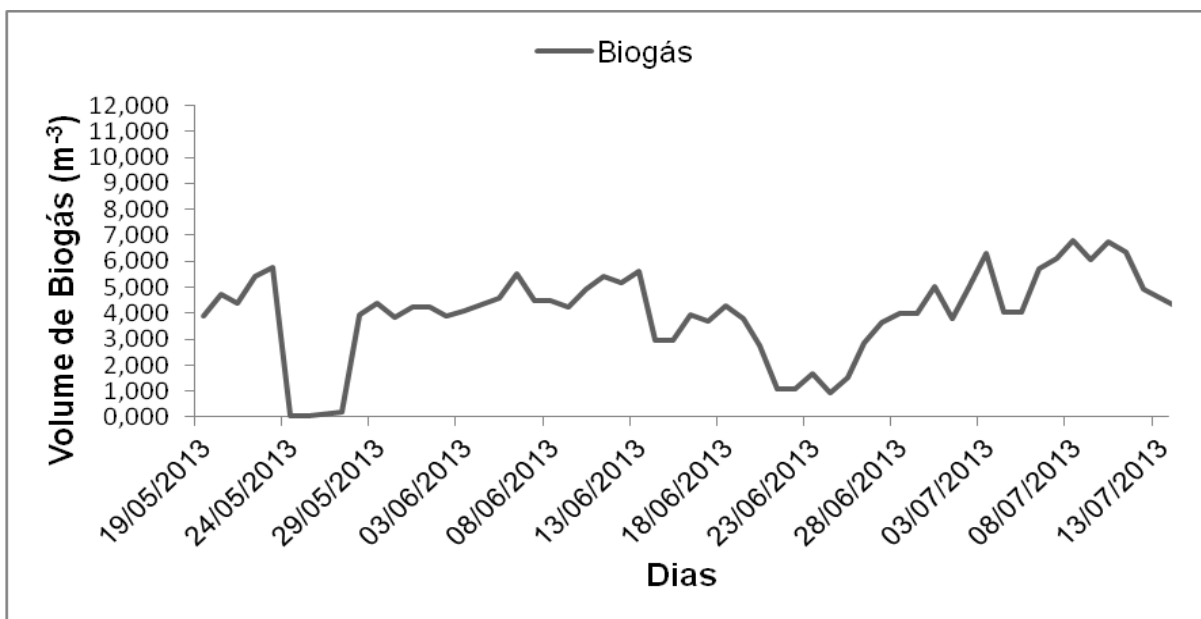


FIGURA 7: Produção de biogás durante o período de 20 de maio de 2013 a 12 de julho de 2013

5.2 REMOÇÃO DE SÓLIDOS

A média de sólidos voláteis encontrada no afluente do biodigestor correspondeu a $42,68 \text{ g kg}^{-1}$. Nagae (2004), estudando uma unidade de terminação (engorda de suínos), obteve valores de sólidos voláteis na ordem de $27,36 \text{ g L}^{-1}$.

Os valores de sólidos voláteis apresentaram um desvio padrão médio de $4,73 \text{ g kg}^{-1}$, apresentando ainda valores máximo e mínimo de $55,75$ e $35,07 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente. Já os efluentes apresentaram valores de sólidos voláteis na grandeza de $14,73 \text{ g kg}^{-1}$ em média e um desvio padrão médio de $4,67 \text{ g kg}^{-1}$, os valores de máximo e mínimo foram $23,32$ e $6,44 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente.

Weber (2013), estudando o mesmo tipo de biodigestor, no período de verão, somente com dejetos bovinos, obteve resultados de sólidos voláteis de $32,66 \text{ g L}^{-1}$. Sendo este valor inferior ao encontrado no trabalho, esta variação entre os resultados pode ter se dado em virtude da adição da cama de aviário.

A remoção dos sólidos voláteis, foi calculada a partir da diferença da concentração da entrada do biodigestor e da concentração da saída. Na média entre as amostras foi removido $27,93 \text{ g kg}^{-1}$ de sólidos voláteis, com um desvio padrão

médio de $5,89 \text{ g kg}^{-1}$, os valores de máximo e mínimo foram respectivamente $36,47$ e $20,20 \text{ g kg}^{-1}$. Na Figura 8, está representado em gráfico o comportamento semanal dos sólidos voláteis.

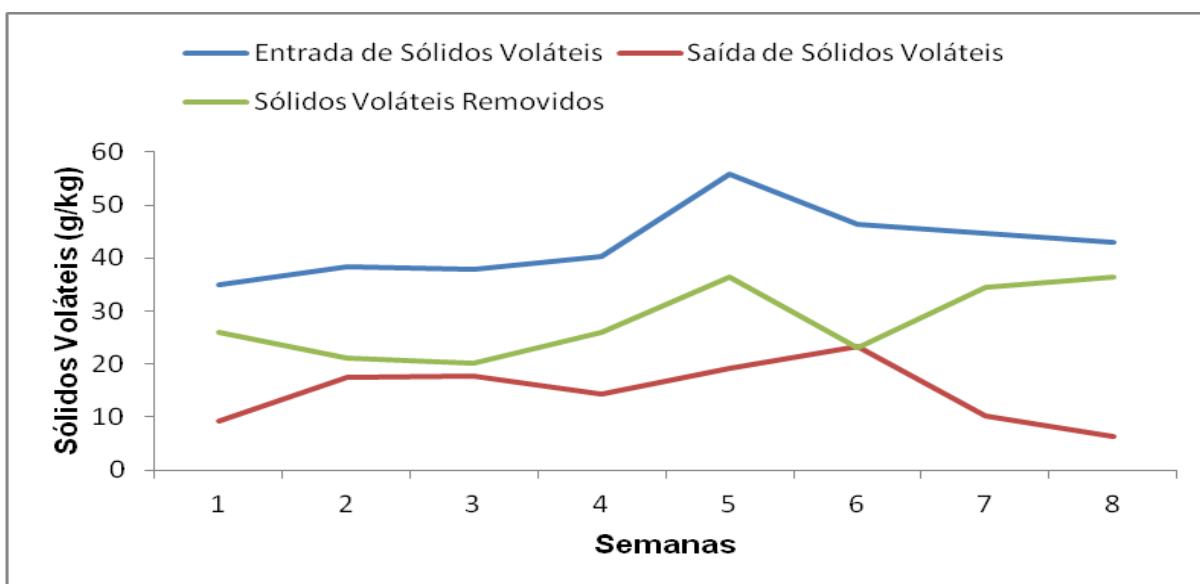


FIGURA 8: Quantidade de Sólidos Voláteis do Afluente e Efluente do Biodigestor e a Remoção dos Sólidos Voláteis.

Convertendo os valores em pontos percentuais, a redução dos sólidos voláteis obtida foi de 64,23% em média, o desvio padrão médio foi de 10,76%, os valores de máximo e mínimo foram respectivamente de 84,99 e 49,84%.

Weber (2013), estudando a biodigestão de bovinos de leite obteve valor de redução de sólidos voláteis (55,10%) menor do que o encontrado.

Orrico Jr. *et al.* (2010) em estudo com cama de aviário em diferentes biodigestores, obteve uma média de 44,05% de retirada de sólidos voláteis. Steil (2001) obteve uma redução de 47% aproximadamente, Amaral *et al.* (2004), em seu trabalho obteve redução de sólidos voláteis de 26,42 à 40,64%, e uma média de 34,28%.

Mendonça (2009), estudando efluente de bovinocultura de leite, obteve remoção de sólidos voláteis de 30,2 a 86,3%, estes valores foram variáveis de acordo com o tempo de detenção hidráulica.

5.3 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS E PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Na Figura 9 está representada a interferência da remoção de sólidos voláteis sobre a produção de biogás. A maior remoção de sólidos voláteis proporcionou um acréscimo na produção de biogás, com exceção para a quinta semana, o qual pode ter se dado em virtude de algum acúmulo no biodigestor.

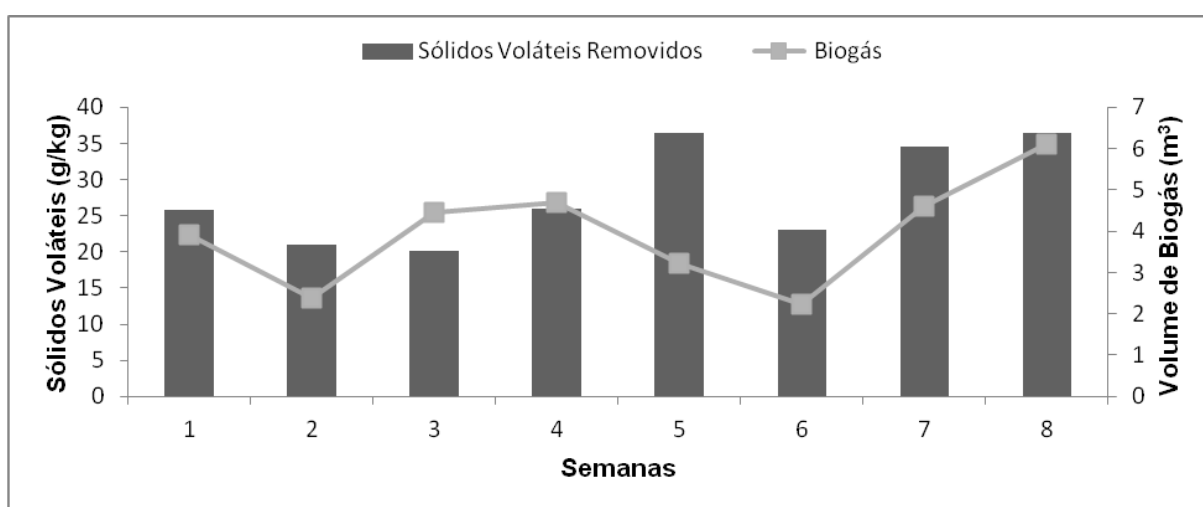


FIGURA 9: Quantidade de Sólidos Voláteis Removidos em relação à Produção de Biogás.

Os sólidos voláteis são os responsáveis diretamente para a produção de biogás (figura 9) corroborando com Lucas Junior, 1994 e Sanchez *et al.*, 2005.

A adição média diária de sólidos voláteis no biodigestor foi da ordem de 5,38 kg e o volume de biogás gerado em média foi de 3,94 m³, a razão entre volume de biogás e massa diária de sólidos voláteis foi de 0,73 m³ kg⁻¹ de sólidos voláteis. Webb & Hawkes (1985), obtiveram esta relação na grandeza de 0,25 a 0,37 m³ de biogás kg⁻¹ de sólidos voláteis.

5.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DQO é um indicativo de estabilização da matéria orgânica, quanto menor o valor de DQO do efluente mais estável é o material. O afluente do biodigestor apresentou valor médio de 257,33 g de DQO por quilograma, com um desvio médio padrão de 37,33 g kg⁻¹, os valores de máximo e mínimo foram respectivamente de 397,16 e 182,81 g kg⁻¹.

A média encontrada do valor de DQO no efluente do biodigestor foi de 162,57 g kg⁻¹, apresentado ainda um valor de desvio médio padrão de 30,65 g kg⁻¹, os resultados de máximo e mínimo foram de 272,96 e 114,85 g kg⁻¹.

O processo de biodigestão reduziu em média de 36% a concentração do efluente em DQO. Na Figura 10 está explícito a redução de DQO em porcentagem por semana. Os valores de mínimo e máximo entre as semanas foi de 27,7 e 44,2% respectivamente, com um desvio padrão médio de 5,30%.

A remoção da demanda química de oxigênio, apresentou relações inversa com a produção de biogás. Quando houve o uma redução de DQO ocorreu um incremento na produção de biogás. Esta respostas em maior produção de biogás pode ser em função de maior quantidade de substâncias oxidadas.

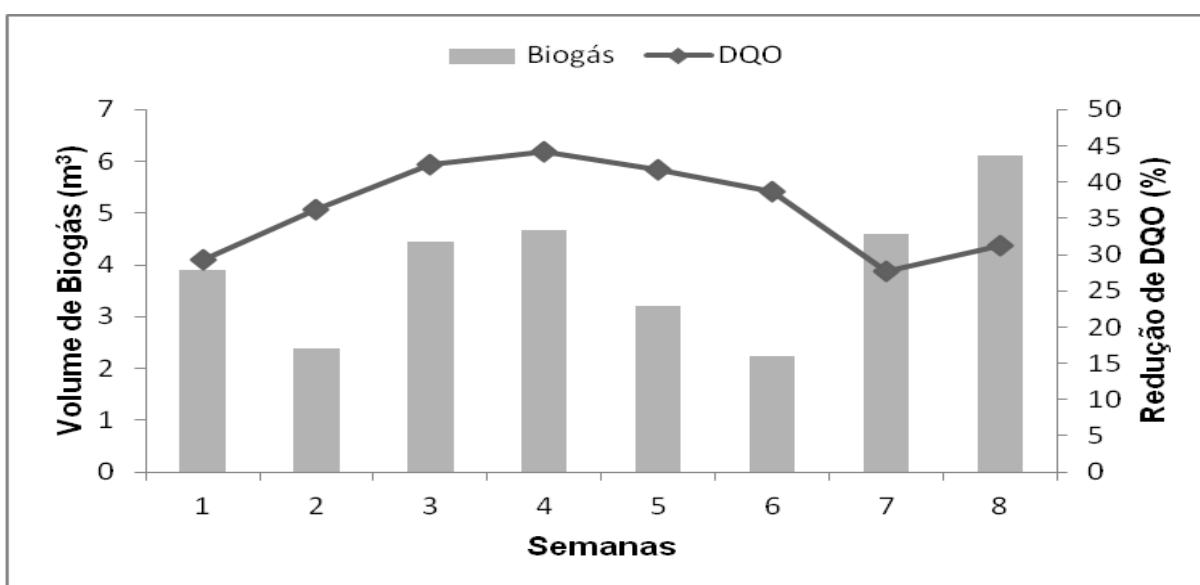


FIGURA 10: Quantidade de Biogás em Relação a Redução de Biogás.

A remoção média de DQO foi de 36%, semelhante ao encontrado por Sgorlon *et al.* (2011), em um trabalho com biodigestão de restos de frutas e verduras, obteve remoção máxima de apenas 30%.

Segundo Sperling (1996, citado por Valentim, 1999), o processo de redução de DQO em sistema de tanque séptico e filtro anaeróbio apresenta um mínimo de redução de 70%. O valor encontrado no trabalho de 36% é inferior ao citado pelo autor, esta variação de valores pode ter se dado em virtude dos diferentes sistemas de tratamentos e equipamentos utilizados, como também o uso de diferentes resíduos como substrato. Cabello *et al.* (2009), estudando o tratamento de vinhaça em sistema anaeróbio obteve eficiência de remoção de em média de 54,22%.

5.5 NITROGÊNIO AMONIACAL

O nitrogênio amoniacal em altas concentrações pode ser prejudicial ao desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela produção de biogás. No presente estudo, o aumento de N-NH_4^+ (nitrogênio amoniacal) no efluente do biodigestor, teve como média das semanas 2,04%, com valores de máximo e mínimo de 4,70 e 0,21% e desvio médio padrão de 0,94%.

Na Figura 11, está explicitada a relação existente entre o acréscimo de nitrogênio amoniacal e a produção de biogás. A partir dos dados pode-se relacionar, que quando ocorre um aumento de nitrogênio amoniacal ocorre uma redução de produção de biogás. Assim pode-se afirmar que para a produção de biogás, a concentração de N-NH_4^+ respondeu de forma inversa.

Lay *et al.* (1997, citado por Felizola, 2006), estudando sobre digestão anaeróbia de lodo de esgoto, obteve um decréscimo na atividade metanogênica quando aumentado a concentração de nitrogênio amoniacal no meio. Reduzindo a atividade em 10%, quando a concentração nitrogênio amoniacal passou de $1,76\text{g L}^{-1}$ para $3,7\text{ g L}^{-1}$ (acrécimo de 52% aproximadamente), e quando a concentração atingiu patamares de 5,8 a $6,6\text{ g de N-NH}_4^+ \text{ L}^{-1}$ a atividade das metanogênicas foi cessada.

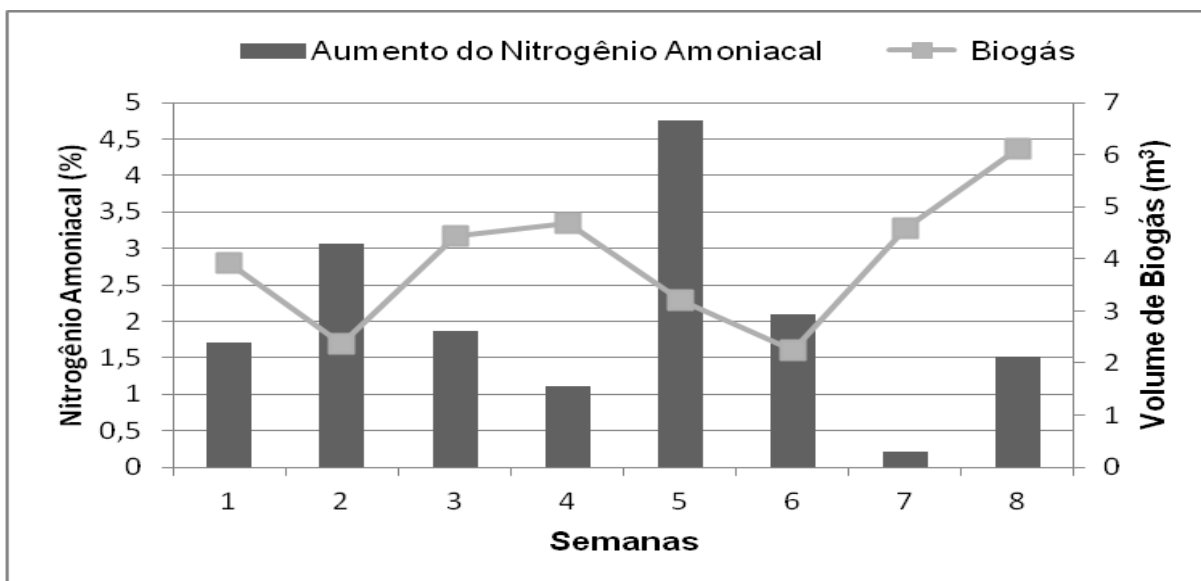


FIGURA 11: Quantidade de biogás em relação ao aumento de nitrogênio amoniacal.

5.6 DENSIDADE DOS DEJETOS

Os dejetos do afluente do biodigestor apresentaram média de densidade de $1,013 \text{ g mL}^{-1}$, sendo que os valores de máximo e mínimo foram de $1,02 \text{ g mL}^{-1}$ e $1,005 \text{ g mL}^{-1}$ respectivamente, e apresentaram um desvio padrão de $0,004 \text{ g mL}^{-1}$. E os valores desta variáveis para o efluente do biodigestor foi de $1,01 \text{ g mL}^{-1}$, $1,09 \text{ g mL}^{-1}$, $1,002 \text{ g mL}^{-1}$ e $0,0076 \text{ g mL}^{-1}$ para, média, valor de máximo, mínimo e desvio médio padrão respectivamente.

A densidade do efluente (Figura 12) com exceção da sétima e oitava semana foi maior do que a do afluente, podendo ter se dado em virtude da adição da cama de aviário. Devido a medição da densidade do afluente ser realizada antes da adição da cama de aviário resultou em uma menor densidade do afluente, o qual foi utilizado para a alimentação.

Weber (2013), no seu estudo encontrou a densidade do afluente maior do que a do efluente do biodigestor em todas as semanas analisadas, comprovando que a densidade diminuiu devido a remoção de sólidos da matéria. Os resultados divergentes, podem ter se dado em virtude do manejo da alimentação do biodigestor com a cama de aviário, como citado anteriormente.

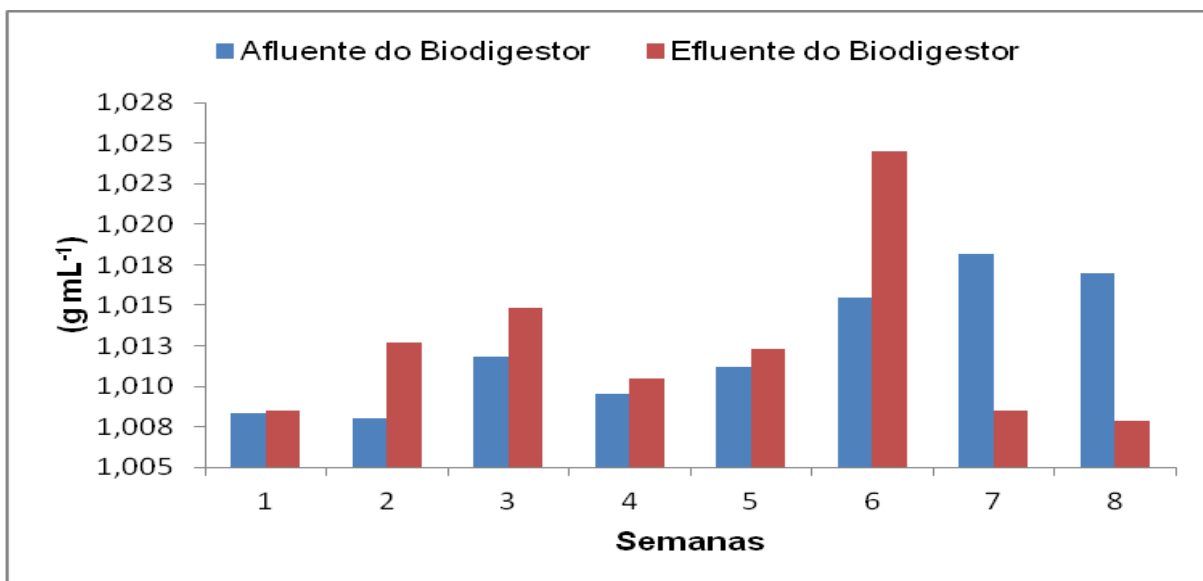


FIGURA 12: Análise da densidade dos afluentes e efluentes

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no desenvolvimento das atividades juntamente com resultados encontrados na literaturas pode concluir-se:

- 1) A produção de biogás por unidade animal foi inferior ao encontrados por outros autores os quais estudaram a produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite. Assim obtendo uma relação m^3 de biogás por animal baixa.
- 2) A remoção de sólidos foi eficiente. Sendo superior a muitos resultados obtido com diferentes resíduos. Apresentando ainda uma resposta direta a produção de biogás e remoção de sólidos voláteis.
- 3) O tratamento apresentou baixa eficiência de retirada de DQO, assim não resultando em um biofertilizante muito estável. Sendo encontrados na literatura tratamentos os quais superam o mesmo. A remoção de DQO apresentou relação inversa com a produção de biogás.
- 4) A produção de biogás respondeu de forma inversa a concentração de nitrogênio amoniacal.
- 5) A densidade do efluente foi superior ao afluente demonstrando que a cama de aviário interferiu neste variável.

7 REFERÊNCIAS

AMARAL, C. M. C.; AMARAL, L. A.; JÚNIOR, K. L.; 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*, Santa Maria, v.34, n.6, p.1897-1902, nov-dez, 2004.

ANDRADE, M. A. N.; RANZI, T. J. D.; MUNIZ, R. N. **Biodigestores rurais no contexto da atual crise de energia elétrica brasileira e na perspectiva da sustentabilidade ambiental.** *Encontro de Energia no Meio Rural*, Itabira/MG, 2011.

ASSENHEIMER, A. **Tratamento de dejetos bovinos em sistema intensivo de produção de leite com aeração mecânica.** Dissertação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon/PR, 2007

AZEVEDO, Maurício et al. **Coogeração de energia utilizando o biogás do esgoto sanitário.** Medianeira: CEFET-PR, 2004.

BARONI, M. **Ambiguidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável.** *Revista de Administração de Empresas*, p. 14-24, São Paulo/SP, abril/Junho 1992.

BARREIRA, P. **Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural.** São Paulo: Ícone, 1983

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo: CETESB, 764p., 1993.

BRISTOTI, A.; SILVA, J. L. dos S. **Diagnóstico da utilização e da oferta da biomassa vegetal no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Núcleo de Energia, PROMEC, UFRGS, 1993

CABELLO, P. E.; SCOGNAMIGLIO, F. P.; TERÁN, F. J. C. **Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de leite fluidizado.** *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 6, n. 1, p. 321-338, jan/abr 2009.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) **Desenvolvimento metodológico e cálculo do PIB das cadeias produtivas do algodão, cana-de-açúcar, soja pecuária de corte e leite no Brasil.** Piracicaba, São Paulo, Brasil Fevereiro de 2011

Centro de pesquisa e Processamento de Alimentos da Universidade Federal do Paraná – CEPPA. **Laboratório: físico-químico de água e efluentes.** Curitiba,

2012. Disponível em: <<http://www.ceppa.ufpr.br/pdf/fqae.pdf>> Acesso em: abril de 2013.

CAMPOS, A T. **Manejo de dejetos de bovinos**. In: III Encontro nacional de técnicos, pesquisadores e educadores de construções rurais. XXVII CONBEA. Lavras: UFLA. p.233-79, 1998.

CAMPOS, A. T. **Análise da viabilidade da reciclagem de dejetos de bovinos com tratamento biológico, em sistema intensivo de produção de leite**. Tese, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 1997.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J.; KOHELER, A. C. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. An. 6. Enc. Energ. Meio Rural 2006.

CORSEUIL, H. X. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Sanitária. Disponível em: <<http://www.ens.ufsc.br/corseuil/antigo/parametros/solido.html>> Acesso em: julho de 2013.

COELHO, S. T. *et al.* **Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto**. São Paulo: USP. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2650.pdf>. Acesso em: 15 de Julho de 2013.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, MC. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural 2002

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 380 p. 1997.

ESPERANCINI, M. S. T.; COLEN, F.; BUENO, O. C.; PIMENTEL, A. E. B.; SIMON, E. J. **Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do estado de São Paulo**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.27, n.1, p.110-118, jan./abr. 2007.

EMBRAPA GADO DE LEITE. **Importância econômica**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/importancia.html>>. Acesso em : 10 de julho de 2013.

IEA ENERGY technology Essentials. **Biomass for Power generation and CHP**. 2007

IFCN - International Farm Comparison Network. **A summary of results from the IFCN Dairy Report 2012**. 6 p. 2012. Disponível em: <<http://www.ifcndairy.org/media/bilder/inhalt/News/DR2012/IFCN-Dairy-Report-2012-press-release-corrected.pdf>>. Acesso em: 10 de julho 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2011**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, volume 39. Rio de Janeiro/RJ, 2012.

FELIZOLA, C. S.; LEITE, V. D.; PRASAD, S. **Estudo do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Agropecuária Técnica, v.27, n.1, p.53–62, 2006.

FILHO, J. A. C. **Biogás: Independência energética de pantanal mato-grossense**. Circular Técnica n. 9 . Embrapa, Corumbá/MS, 1981.

FOGAÇA, J. **Densidade**. Disponível em:
><http://www.brasilecola.com/quimica/densidade.htm>< Acesso em: julho de 2013.

FORESTI, E.; ZAIAT, M. MORAES, E. M.; ADORNO, M. A. T.; PAIM, A. P.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEO, S. M; CANTO, C. S.; DAMASCENO, L. H. S.; BORZANI, W. **Métodos de análises físico-químicas de rotina de águas residuárias tratadas biologicamente**. p.85, 2005.

GOLÇALVES, M. M.; SHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J. E. **Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica**. Circular Técnica 78, EMBRAPA. Pelotas/RS, 2009.

HILLS, D. J. Methane gás production from dairy manure at high solids concentration. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 23, n. 1, p. 122-126, 1980.

KELLY, C. F., BOND, T. E., ITTNER, N. R. **Thermal design of livestock shades**. Agric. Eng., v.31, n.12, p.601-6, 1950.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. **Tecnologia de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005

LABIOGAS – Laboratório de Biogás do Parque Tecnológico de Itaipu – PTI. Disponível em: <<http://www.cierbiogas.org/labiogas/index.php/br/>> Acessado em : julho de 2013.

LIBARDI, P. L. **Água no solo**. 1995. Disponível em :>
http://pointer.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce200/Agua_no_Solo.pdf<
Acesso em: julho de 2013.

LORA, E. E. S.; ANDRADE, R. V. Geração de energia e gaseificação de biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 3, p. 311-320, 2004.

LUCAS JR., J.; ORTOLANI, A. F.; BENINCASA, M.; YMADA, R. Y. **Avaliação do uso de inoculo no desempenho de biodigestores abastecidos com estrume de frangos de corte com cama de maravalha**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XXII, Anais... Ilheus: SBEA, CEPLAC, 1993 p. 915-30.

LUCAS Jr. J.; SANTOS, T. M. B.; **Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás**. Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola - Concórdia/SC, 12 de abril de 2000.

MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu/SP, 2011.

MATIAS, J. C. O., DEVEZAS, T. C., 2007, “**Consumption dynamics of primary-energy sources: The century of alternative energies**”. Applied Energy, v. 84, pp. 763–770.

MENDONÇA, E. F. **Tratamento anaeróbio dos efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel/PR, 2009.

NAGAE, R.Y. **Efeito do manejo da lâmina d’água nas características dos dejetos de suínos e na eficiência do sistema de tratamento**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade do Oeste do Paraná – (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, 73 p. 2004.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão A Alternativa Energética**. São Paulo: Nobel, 1986.93 p.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR J. **Influencia da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob biodigestão anaeróbia de dejetos de bovino**. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 3, p. 386-394. Jaboticabal, 2010.

OLIVEIRA, P. A. V. Projeto de Biodigestor para Produção de Biogás em Sistema de Produção de Suínos. **Suinocultura Industrial**, v. 28, n. 3, p. 10-16, 2006.

SANTOS, A.C.V. **Biofertilizante líquido, o defensivo agrícola da natureza**. Niterói: EMATER – Rio, 1992. 16 p.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Portugal: Centro para a Consevação de Energias, 2000.

SGORLON, J. G.; RIZK, M. C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G. **Avaliação da DQO e da relação C/N obtidas no tratamento anaeróbio de resíduos fruti-hotículas**. Acta Scientiarum. Technology Maringá, v. 33, n. 4, p. 421-424, 2011.

SOARES, C. F. **Análise da viabilidade do uso de biogás gerado em reator UASB para geração de energia elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Faculdade Itabirana de Desenvolvimento das Ciências e Tecnologias (FATEC), Itabira, 2011.

SOUZA, C. F.; JÚNIOR, J. L.; 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.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.2, p.530-539, maio/ago. 2005.

SPEIGHT, J. **Synthetic fuels handbook: properties, process and performance.** McGraw Hill, 2008

SPEECE, R.E. **Review: environmental requirements for anaerobic of biomass.** Advances in Solar Energy, 1983. 69p.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: UFMG, 2005

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos.** 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

TEIXEIRA, E. N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores.** Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Campinas . Campinas/SP, 1985

VALENTIM, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado.** Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP, 1999.

WEBER, R. **Produção de biogás com relação ao teor de sólidos voláteis e à densidade dos dejetos de bovinocultura de leite.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2013.

WEBB, A. R., HAWKES, F. R. **The anaerobic digestion of poultry manure: variation of gas yield with influent concentration and ammonium–nitrogen levels.** Agricultural Wastes 14 (1985), pp. 135–156.

Wiesmann, U.; Choi, I. S.; Dombrowski, E. M. **Fundamentals of biological wastewater treatment.** Weinheim: Willey-VCH Verlag GmbH & Co. 2007, 355p.