

BIODIGESTÃO E PRODUÇÃO DE BIOGÁS UTILIZANDO DEJETOS BOVINOS¹ *BIODIGESTION AND BIOGAS PRODUCTION USING CATTLE MANURE*

Rodrigo Bragança Dotto² e Delmira Beatriz Wolff³

RESUMO

O Brasil possui um dos maiores rebanhos comerciais bovino do mundo, cerca de 22 milhões de cabeças, o que gera grandes quantidades de dejetos orgânicos (esterco) em pequenas áreas, como frigoríficos e indústrias de beneficiamento de leite. Diante deste problema inerente, o biodigestor se apresenta como uma alternativa para o tratamento desses dejetos, pois além de possibilitar a redução do potencial poluidor e dos riscos sanitários dos dejetos, promove a geração do biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia renovável e permite a reciclagem do efluente, utilizando-o como biofertilizante. Neste trabalho, foi desenvolvido um biodigestor em escala experimental, e avaliado o seu rendimento de produção de biogás e qualidade do biofertilizante, o qual foi alimentado com esterco bovino. Obteve-se uma redução na produção de biogás, de 0,89m³ na fase de maturação para 0,18m³ no último ciclo de digestão, isso ocorreu devido à queda na temperatura externa do reator no decorrer do experimento. Os dejetos, durante a digestão anaeróbia apresentaram uma redução nos microrganismos patogênicos e remoção da fração orgânica (em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅).

Palavras-chave: reator anaeróbio, biogás, biofertilizante.

ABSTRACT

Brazil holds one of the world's largest bovine commercial flocks with around 22 million animals. This activity generates a great amount of organic waste in small areas such as slaughter houses and milk industries. Biodigester seems an alternative for the treatment of this waste, allowing the reduction of the polluting potential and sanitary risk, and generating biogas that can be used as an alternative power plant. It also allows the reutilization of the effluent as biofertilization. This paper analyzes an experimental biodigester in terms of its production of biogas and biofertilizer. During the study, it was detected a decrease on the biogas production from 0,89m³, in the maturation period, to 0,18m³ in the last digestion cycle caused by the low temperature of the external reactor. The manure presented a reduction of the pathogenic microorganisms and the removal of the organic fraction during the anaerobic digestion (in terms of Biochemical Oxygen Demand - BOD₅).

Keywords: anaerobic reactor; biogas, biofertilizer.

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do curso de Engenharia: Habilitação Engenharia Ambiental.

³ Orientadora - UNIFRA. E-mail: delmirawolff@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária brasileira tem tido, nos últimos anos, uma importante participação na economia, sendo uma componente relevante do Produto Interno Bruto - PIB e da geração de riqueza do País. A pecuária bovina, por sua vez, tem ganhado relevância, tanto no cenário interno quanto externo, tornando o Brasil o possuidor do principal rebanho comercial bovino do mundo (IBGE, 2009).

A bovinocultura de corte brasileira passou por profundas modificações nos últimos dez anos. Foram observadas alterações significativas na sua produção e produtividade. A ampliação das fronteiras agrícolas no centro-oeste e no norte do país permitiu um crescimento acentuado do efetivo bovino. Este crescimento foi acompanhado de um considerável aumento nos indicadores tecnológicos de produtividade e de eficiência dos sistemas de produção (BARCELLOS; SUÑE, 2004). Segundo as Estatísticas da Produção Pecuária do IBGE, o abate total de bovinos acumulado em 2008 chegou aos 22 milhões de cabeças (IBGE, 2009).

No Estado do Rio Grande do Sul, a bovinocultura de corte é considerada uma das primeiras atividades de importância econômica, está presente em todas as regiões do Estado, possui diversos tipos de sistemas de produção e uma realidade complexa. Soma-se a esse contexto, a busca pelo aumento da produtividade e a estagnação incontestável da atividade. Contudo, não se pode deixar de lado a questão da crescente exaustão do solo e recursos hídricos com a conseqüente degradação, ou seja, além de se buscar uma sustentabilidade econômica, dentro da visão de desenvolvimento sustentável se deve pensar também nas mudanças que podem ocorrer nas outras dimensões – social e ambiental – associadas às transformações que vêm ocorrendo nos sistemas existentes de bovinocultura de corte.

Um dos maiores problemas em confinamento de bovinos de leite ou em sistemas de abate, é a quantidade de dejetos produzidos diariamente numa área reduzida. A disposição dos resíduos das instalações animais tem se constituído, ultimamente, num desafio para criadores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos (SILVA, 1973).

Esses resíduos, se manejados inadequadamente, podem causar impactos negativos ao meio ambiente. Os prejuízos ambientais são ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são arrastados para os cursos d'água, pois possuem alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), reduzindo o teor de oxigênio da água. Além disso, os diversos nutrientes contidos nesses resíduos, principalmente N, P e K, estimulam o crescimento de plantas aquáticas e a eutrofização dos corpos d'água (SCHROEDER, 1977; BRANCO, 1983; IMHOFF; IMHOFF, 1986; TCHOBANOGLIOUS; BURTON, 1991).

Barth (1973), Garcia-Vaquero (1981), Müller (1987) e Norén (1987) alertam para os problemas relativos ao confinamento quanto aos efeitos nocivos dos gases (amônia, metano, sulfeto de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, dióxido de enxofre, aminas, ácidos orgânicos gordurosos e outros) produzidos pela fermentação anaeróbia dos dejetos, no interior das instalações, sobre os próprios animais e o homem.

A contaminação do solo, lagos e rios pelos resíduos animais, a infiltração de águas residuárias

no lençol freático e o desenvolvimento de moscas e gases mal odorantes são alguns dos problemas de poluição ambiental provocados pelos dejetos animais. Lindley (1979) argumenta que, mesmo nos países desenvolvidos, é rara a fazenda produtora de leite com um sistema satisfatório de manejo de efluentes. Acrescenta que não há uma solução única e que todas as alternativas podem ser consideradas.

Assim, uma das alternativas possíveis de tratamento desses efluentes pode processar-se pela fermentação anaeróbia, que, além da capacidade de reduzir concentração de matéria orgânica carbonácea, permite valorizar um produto energético, o biogás, e obter um fertilizante cuja disponibilidade contribui para a rápida amortização dos custos de tecnologia instalada (PIRES, 1996). O processo de fermentação anaeróbia é comumente encontrado na natureza, mas pode ser realizado em grandes volumes de dejetos e controlado por meio de um equipamento conhecido como biodigestor ou reator anaeróbio.

Um biodigestor compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobicamente, isto é, sem a presença de oxigênio. Como resultado desta fermentação ocorre a liberação de biogás e a produção de biofertilizante. É possível, portanto, definir biodigestor como um equipamento destinado a conter a biomassa e seu produto: o biogás. Segundo Barrera (1993, p. 11), “o biodigestor, como toda grande ideia, é genial por sua simplicidade”. Sua função é fornecer as condições propícias para que um grupo especial de bactérias, as metanogênicas, degrade o material orgânico, com a consequente liberação do gás metano.

Existem vários tipos de biodigestores, mas, em geral, todos são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás. Dentro do biodigestor em total ausência de oxigênio e luz, as bactérias anaeróbias digerem a biomassa, sendo essa digestão ou fermentação, constituída de 3 etapas. Na etapa 1 (ou etapa sólida), substâncias como carboidratos, lipídios e proteínas são atacadas por bactérias fermentativas comuns para a produção de ácidos graxos, glicose e aminoácidos. Na etapa 2 (ou etapa líquida), as substâncias formadas anteriormente são atacadas pela propion-bactéria, bactérias acetogênicas e bactérias acidogênicas, formando ácidos orgânicos, principalmente, o propiônico e o acético, ainda formando o dióxido de carbono, acetatos e H_2 . E na etapa 3 (ou etapa gasosa), as bactérias metanogênicas atuam sobre os ácidos orgânicos para produzir biogás, sendo esse formado principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (FARRET, 1999).

Após a produção do biogás, a biomassa fermentada deixa sob a forma líquida, rica em material orgânico (húmus), o biofertilizante que, se aplicado ao solo, melhora as qualidades físicas, químicas e biológicas deste. A principal razão para a grande capacidade de fertilização do biofertilizante se encontra no fato da digestão da biomassa (no interior do biodigestor) diminuir drasticamente o teor de carbono presente na mesma. De acordo com Sganzerla (1983, p. 25), isto ocorre porque, na biodigestão, a matéria orgânica, perde exclusivamente carbono sob a forma de CH_4 (Metano) e CO_2 (gás Carbônico). Além disso, devido à perda do carbono ocorre a diminuição na relação C/N da matéria orgânica. Com isso, os microorganismos do solo (bactérias nitrogenadoras) conseguem um melhor

índice de fixação do nitrogênio, além do fato do próprio biofertilizante conter alguns nutrientes já solubilizados. Com seu nível de pH (em torno de 7,5), o biofertilizante funciona como corretor de acidez, eliminando o alumínio e liberando o fósforo dos sais insolúveis do alumínio de ferro. Com a elevação do pH dificulta-se a multiplicação de fungos patogênicos.

O interesse pelo tratamento anaeróbio de resíduos líquidos e sólidos provenientes da agropecuária e da agroindústria tem aumentado nos últimos anos, por apresentar vantagens significativas quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbio de águas residuárias, ou aos processos convencionais de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos sólidos. De acordo com Paula Júnior (1994), os benefícios apresentados pelo tratamento anaeróbio são: ausência de equipamentos sofisticados, menor consumo de energia, baixa produção de lodo a ser disposto e produção de metano, utilizável energeticamente.

Mas apesar de possuir um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, o Brasil só despertou para os biodigestores, com vistas à produção de biogás, após a eclosão dos primeiros “choques de petróleo”. Com as sucessivas altas de preço do petróleo, que desequilibravam vigorosamente a balança de pagamentos, os governos militares da segunda metade dos anos 70 passaram a investir na busca das então chamadas “energias alternativas”. Foi assim que foram desenvolvidos programas como o Proálcool e inúmeros planos de aproveitamento da energia solar, desenvolvidos na época por centros de pesquisa de importantes universidades brasileiras (BARRERA, 1993).

Atualmente, para a implantação de projetos e programas de aproveitamento do biogás, até mesmo em pequena escala, é preciso levar em conta as condições socioculturais, políticas, econômicas, ecológicas e também a tecnologia apropriada, principalmente para áreas rurais. Assim, antes de construir uma instalação de biogás deve-se analisar o custo-benefício do ponto de vista do beneficiário, da região e do Estado. Julgando a rentabilidade de instalações de biogás, os objetivos de cada escolha são de importância decisiva (GTZ, 2006).

No presente trabalho teve-se por objetivo o desenvolvimento de um biodigestor (reator anaeróbio) em escala experimental e intermitente, visando unir em um só equipamento as vantagens dos modelos já existentes de reatores anaeróbios. Foi montado um sistema simples e barato, que teve por objetivo quantificar e armazenar a produção de biogás gerado, visando avaliar a produção de biogás em relação ao clima da região centro do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

MONTAGEM DO BIODIGESTOR

A linha de montagem do biodigestor foi executada no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano - UNIFRA, situado no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, com uma altitude média de 113m acima do nível do mar, temperatura média anual de 19,2°C e clima

subtropical úmido (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA, 2009).

O biodigestor desenvolvido (Figura 1) foi feito em metal, em forma cilíndrica, com altura de 1,7m entre a base e a extremidade superior da tampa, comportando um volume total de 0,534m³ de biomassa.



Figura 1 - Biodigestor construído no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano - UNIFRA. Santa Maria, RS, 2009.

Foram instaladas conexões, tubos, e registros para permitir a sua operação, além de termômetros, um no compartimento da permanência da biomassa e outro na tampa onde o biogás ficava retido, foram instalados também um medidor de pressão e uma válvula para o escape do gás (Figura 2). Para manter a temperatura interna ideal de 35 a 45°C, foi instalada no fundo do reator uma resistência com termostato e uma divisória (removível caso necessário) com o propósito de assegurar a saída do fertilizante mais velho, no momento em que fosse realizada a recarga do reator (Figura 3). No projeto de montagem, idealizou-se também que o biodigestor pudesse ser operado por qualquer pessoa, com grande facilidade e eficiência .



Figura 2 - Tampa do biodigestor construído no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, com acessórios. Santa Maria, RS, 2009.

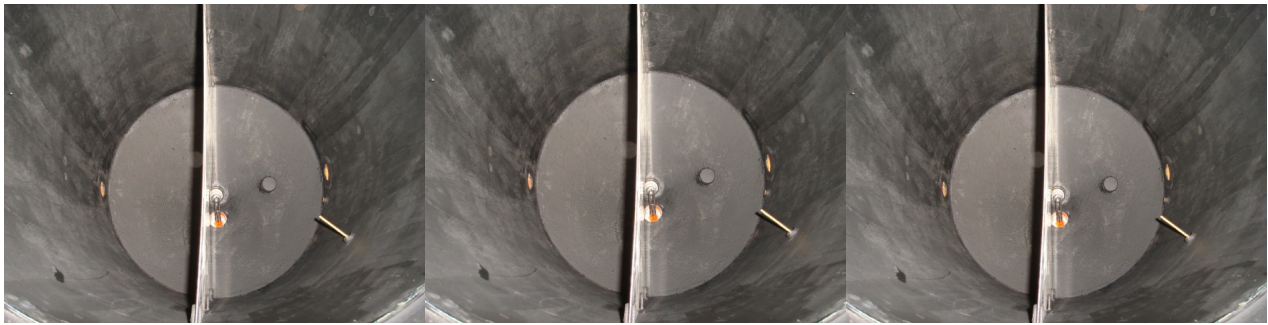


Figura 3 - Divisória interna e resistência com termostato no fundo do biodigestor construído no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano - UNIFRA, com acessórios. Santa Maria, RS, 2009.

ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS

Para o armazenamento deste gás, projetou-se um sistema simples e teoricamente eficiente (Figura 4), que se constituiu de dois tonéis, um deles sendo totalmente coberto com água, e o outro, um pouco menor, foi colocado de forma invertida e também afogado no qual foi ligado a mangueira de gás do biodigestor, e à medida que o gás entrava, o espaço antes ocupado pela água passava a ser ocupado pelo gás, que, aos poucos, elevava o tonel, pois a água funciona como um selo entre o gás e o tonel.



Figura 4 - Foto do sistema de armazenamento de gás conectado ao biodigestor.

O sistema instalado não apresentou precisão acurada para a medição de gás gerado, constituindo-se em um método estimativo. À medida que o biogás entrava no tambor menor, ele se elevava, conseqüentemente exercendo uma maior pressão entre o gás e a água, alterando assim seu volume real.

BIOSSÓLIDO

Como partida (inóculo), o reator foi alimentado inicialmente com 80 kg de esterco bovino proveniente de um abatedouro do município, misturado com 374L de água, o qual constituía um com-

posto orgânico de alto teor energético, composto com macro e micronutrientes, o qual foi utilizado durante três meses como sementeira para a formação da biomassa anaeróbia.

O monitoramento da digestão anaeróbia no biodigestor foi conduzido no Laboratório de Engenharia Ambiental – UNIFRA, constituído de Temperatura (T), Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Coliformes Totais (CT) e Coliformes Fecais (CF). As análises foram efetuadas quinzenalmente, sendo que cada renovação/recarga correspondeu de 50% da capacidade de armazenamento da campânula, esta recarga ocorreu duas vezes, dando origem a dois ciclos de digestão, com duração de 60 dias cada (sistema intermitente).

A coleta e a preservação das amostras foram feitas de acordo com o preconizado pela CETESB (1987). As análises foram efetuadas de acordo com os métodos analíticos do Standard Methods (APHA; AWWA; WEF, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

FASE TESTE

Na fase teste, que ocorreu entre janeiro e março de 2008, observou-se um comportamento positivo nos quesitos segurança, resistência e vedação do reator e do sistema de armazenamento do biogás, porém, ocorreram pequenos entupimentos na tubulação de recarga do reator.

Logo após a maturação do composto orgânico, a campânula foi aberta (Figura 5) para se verificar as condições internas, tanto da biomassa, como das paredes internas do reator.



Figura 5 - Verificação das condições internas do biodigestor.

Na superfície da biomassa observou-se a formação de uma crosta, e a sedimentação de sólidos no fundo do reator, as paredes internas resistiram bem, sem apresentarem corrosão ou qualquer tipo de desgaste.

Sganzerla (1983) esclarece que os dejetos de bovinos apresentam a característica de propiciar a rápida proliferação das bactérias metanogênicas, apresentando produção de biogás em menor espaço de tempo que os dejetos de outros animais e recomenda que, sempre que possível, a primeira carga de biomassa nos biodigestores seja de esterco bovino, pois este fornecerá, rapidamente, a quantidade necessária de bactérias metanogênicas que irão digerir os dejetos de outros animais a serem adicionados na sequência.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS E A TEMPERATURA

Na fase teste obteve-se uma produção de 0,89 m³ de biogás. Logo, deu-se início à primeira recarga de dejetos no biodigestor, correspondendo ao primeiro ciclo de digestão anaeróbia, que ocorreu nos meses de abril e maio de 2008, quando foi observada uma produção de biogás de 0,55m³. No segundo ciclo, que ocorreu em junho e julho de 2008, a produção de biogás foi menor que a do primeiro ciclo, correspondendo a apenas 0,18m³.

Constatou-se que a cor preta em que o reator foi pintado internamente e externamente, foi eficiente na absorção da energia solar. No entanto houve um decaimento considerável na produção de gás no decorrer do estudo, pois, esperava-se que a temperatura interna (Figura 6) do reator durante os meses mais frios fosse se manter mais alta do que a externa devido à energia solar recebida durante o dia, porém, o frio durante os meses mais frios foi muito intenso e não se obteve o resultado esperado, mesmo o aquecedor permanecendo ligado intermitentemente.

Oliveira (1994) adverte que nas primeiras semanas, a quantidade de gás carbônico é bem superior à do metano, embora, aos poucos, tal desproporção acabe desaparecendo. Convém levar em conta o fato de que a produção de biogás, a partir de dejetos bovinos, varia não só em função da relação Carbono/Nitrogênio encontrada nos dejetos de cada animal, mas também das condições que cada um oferece para a proliferação bacteriológica. Por essa razão, muitos biodigestores, ditos de alimentação intermitente, são projetados a fim de reter a biomassa em seu tanque digestor por um período aproximado de 60 dias, que é quanto demora a produção de biogás por tais biomassas.

A temperatura interna do reator (Figura 6) manteve-se intermediária em relação às temperaturas máximas e mínimas do ar.

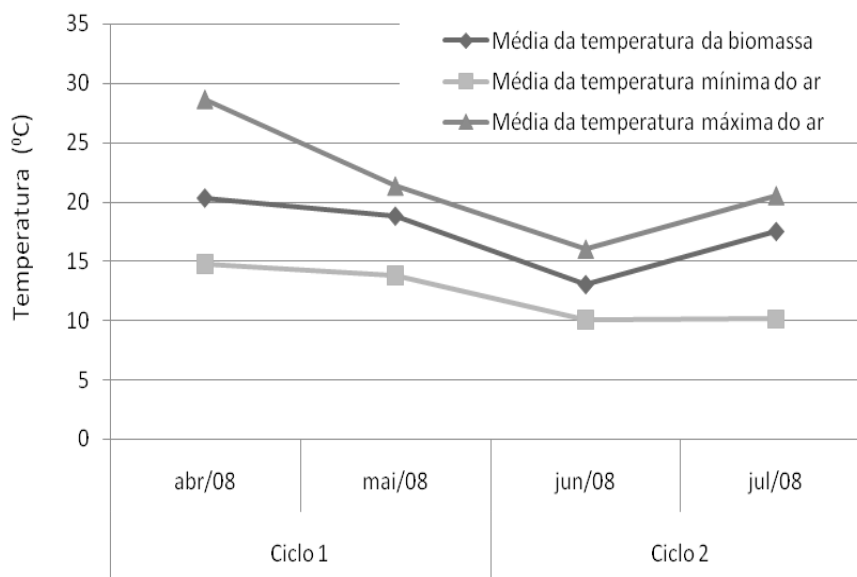


Figura 6 - Temperatura (°C) média da biomassa e temperaturas mínimas e máximas do ar em cada ciclo.

Assim, pode-se justificar a baixa produção de biogás, devido à queda das temperaturas no decorrer do experimento, como mostra a figura 6, as temperaturas no mês de junho correspondente ao segundo ciclo foram as mais baixas. De acordo com Barrera (1993), a temperatura no interior do biodigestor deve ser mantida mais ou menos constante, em torno de 35°C, na faixa mesofílica. Caso ela abaixe ou oscile demasiadamente, poderá haver uma brusca diminuição na produção de biogás. A menos de 15°C, a produção cessa completamente.

BIOSSÓLIDO

Nas figuras 7, 8 e 9 são mostrados os parâmetros analisados durante o experimento, sendo B1 a amostra do composto da fase teste e B2 significa a amostra do biodigestor antes da recarga do composto no segundo ciclo. F1 e F2 correspondem aos dejetos provenientes do Frigorífico, que foram incubados, e as demais amostras fazem parte do monitoramento de cada ciclo de digestão, que foram feitas quinzenalmente.

O pH (Figura 7) esteve em uma faixa de 6,47 nos dois ciclos de digestão. O oxigênio dissolvido (OD) (Figura 7) variou entre 0 e 1,02 mg L⁻¹, exceto o composto utilizado na recarga.

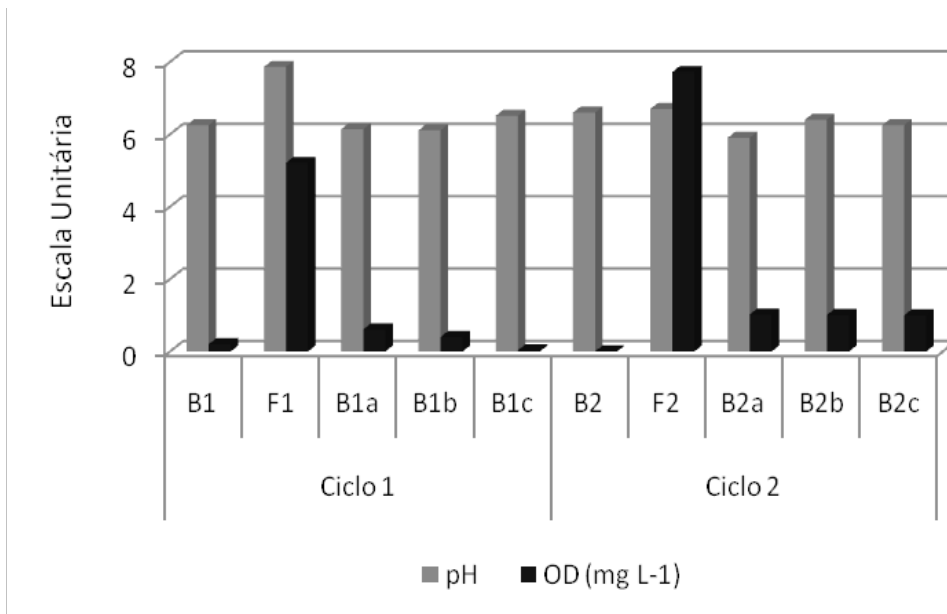


Figura 7 - pH e OD (escala unitária) no decorrer dos ciclos.

As bactérias metanogênicas toleram pH entre 6,6 e 7,6, com valor ótimo de 7,0, (BELLI F°, 1995). Então se pode afirmar que o pH apresentou-se dentro da faixa favorável aos microrganismos responsáveis pelo processo de digestão anaeróbia, e também observou-se uma ligeira alcalinização do efluente, pois o pH de entrada mostrou-se maior que o pH de saída, tanto no primeiro como no segundo ciclo.

Apesar do sistema ser anaeróbio, algumas amostras apresentaram OD, principalmente nas amostras F1 e F2. Isso se deve ao fato dos dejetos a serem incubados no biodigestor terem sido coletados nos sistemas de drenagem do frigorífico, que são expostos a atmosfera até os sistemas de tratamento do mesmo.

A DBO₅ (Figura 8) apresentou uma redução linear em ambos os ciclos de digestão, com valores de saída variando de 825 a 675 mg L⁻¹.

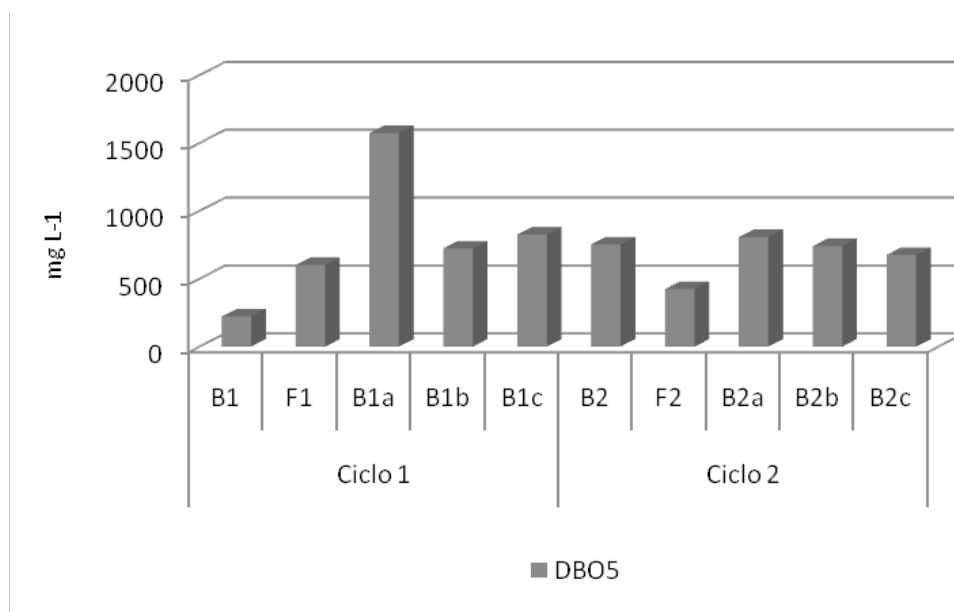


Figura 8 - Comportamento da DBO₅ ao longo dos ciclos 1 e 2.

Pode-se observar que em ambos os ciclos obteve-se remoção da fração orgânica, no processo de digestão anaeróbia, mas a biodegradação deste composto foi menos eficiente no segundo ciclo devido à queda da temperatura no interior do biodigestor.

Houve uma queda considerável na população de microrganismos fecais, tanto nos coliformes totais (CT) quanto nos coliformes fecais CF (Figura 9), no primeiro ciclo, de 35000 NMP mL⁻¹ para CT e CF, reduziram para 240 e 0 NMP mL⁻¹ já na segunda semana. E no segundo ciclo, de 22000 NMP mL⁻¹ de CT e 7000 NMP mL⁻¹ de CF reduziu para 950 e 800 NMP mL⁻¹ na última semana do ciclo.

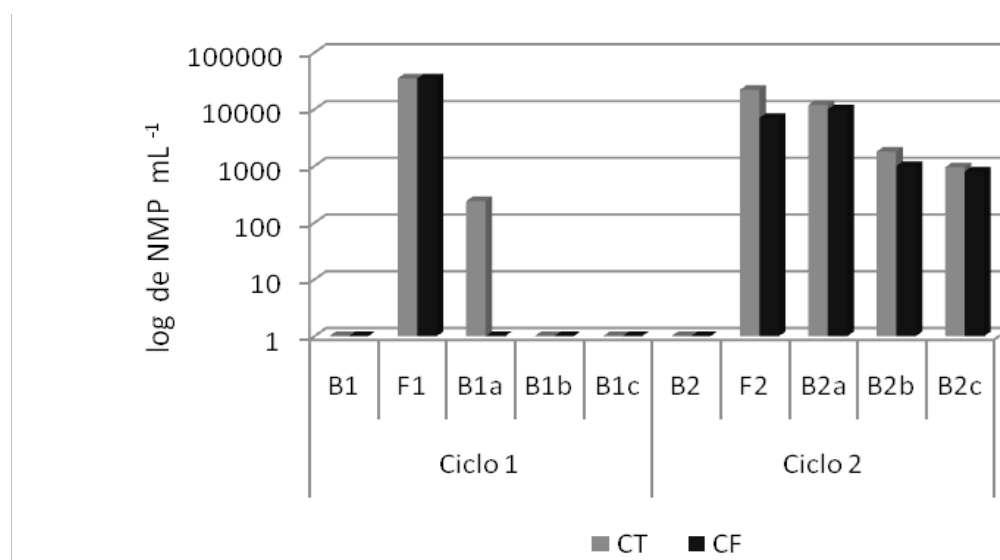


Figura 9 - Unidade Logarítmica do número mais provável de coliformes totais e fecais ao longo dos ciclos 1 e 2.

Amaral et al. (2004) verificaram que os dejetos bovinos submetidos a vinte dias de retenção hidráulica a 35°C, são suficientes para reduzir significativamente o número de microrganismos indicadores de poluição fecal.

No primeiro ciclo onde a biomassa encontrava-se em temperaturas mais altas, obteve-se uma redução considerável na população de microrganismos fecais. Assim como a produção de biogás, e a DBO₅, a inativação dos microrganismos fecais também foi reduzida consideravelmente com a queda da temperatura, pois o segundo ciclo situou-se nos meses de junho e julho quando foram verificados os dias mais frios do ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a tubulação fixada no reator para carregar a biomassa não teve um bom desempenho, devido ao fato do diâmetro interno dos tubos instalados (D = 3 in) não serem suficientemente grandes.

Ao pintar o reator na cor preta, concluí-se que não basta somente ter incidência de energia solar, mas é essencial se ter externamente temperaturas mais elevadas.

Concernente ao biogás, o sistema projetado para quantificar o gás não é preciso, no entanto, foi interessante para o armazenamento do mesmo apesar de não suportar o volume total de gás produzido, tendo sido este queimado quando necessário. Os resultados de produção de biogás na fase teste foram satisfatórios, ainda mais se tratando de um composto que ainda se encontrava em fase de maturação e já produzindo gás. A baixa produção de biogás verificada durante os ciclos ocorreu devido à queda da temperatura ambiente.

O esterco bovino apresentou bom desempenho como inóculo de microrganismos e matéria orgânica de partida do reator. O pH e OD apresentaram uma variação dentro do esperado para o processo de digestão anaeróbia, independente da temperatura. A redução da DBO₅ não foi expressiva, mas reduziu a biodegradabilidade do efluente. Os CT e CF variaram em função da temperatura, pois, no verão os microrganismos fecais foram eliminados ao final da segunda semana do primeiro ciclo, e no inverno, essa redução foi mais lenta e não se verificou completamente.

RECOMENDAÇÕES

Com relação ao biodigestor desenvolvido neste trabalho, recomenda-se: utilizar tubulações com aproximadamente 100mm de diâmetro para evitar entupimentos nas recargas; isolar as paredes externas do biodigestor, evitando contato externo com o vento e picos de temperaturas mais baixas (à noite, por exemplo), esperando-se que assim, a temperatura fique mais elevada e com isto, a produção de gás deverá ser maior; remover a divisória interna e instalar um misturador rotativo vertical para homogeneizar a biomassa e evitar a formação de crostas na superfície da mesma; e colocar um manômetro de escala menor e mais preciso.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed. Washington DC: APHA, AWWA, WEF, 2005.

AMARAL, C. M. C. do et al . 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, 2004.

BARCELLOS, J. O. J., SUÑE, Y. B. P. **A bovinocultura de corte frente a agriculturização no sul do Brasil** - In: CEN SEMMELMANN... - CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA, 2004 - ufrgs.br

BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone, 1993, p. 11.

BARTH, L. C. **Odor sensation theory and phenomena and their effect on olfactory measurements**. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 16, n. 2, p. 340-347, 1973.

BELLI F°, P. **Stockage et odeur des dejections animales – cas di lisier de porc**. Tese de doutorado. Université de Rennes. 1995, 250 p.

BRANCO, S. M. **Poluição: a morte de nossos rios**. 2.ed. São Paulo: ASCETESB, 1983.155 p.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (São Paulo, SP). **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1987, 150 p.

FARRET, F. A. Microcentrais a Biogás. In: FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Editora/UFSM, 1999.

GARCIA-VAQUERO, E. **Projeto e construção de alojamento para animais**. 2. ed. Lisboa: Litexa Portugal, 1981. 237 p.

GTZ. **At information, biogas digest: cost and benefits**. Disponível em: <<http://gate.gtz.de/biogas/costben.html>>. Acesso em: ago. 2006.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: jan. 2009.

IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. 26. ed. São Paulo: E. Blücher, 1986.

LINDLEY, J. A. Anaerobic-aerobic treatment of milking center waste. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 22, n. 2, p. 404-408, 1979.

MÜLLER, W. Effects of odour on man and animals. In: STRAUCH, D. (Ed.). **Animal production and environmental health**. 6. ed. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 21-26. (World animal science, B6).

NORÉN, O. Odours from animal production. In: STRAUCH, D. (Ed.). **Animal production and environmental health**. 6.ed. Amsterdam: Elsevier, 1987. p.1-20. (World animal science, B6).

OLIVEIRA, P. A. V. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994. **Anais...**, p. 27-40.

PAULA JÚNIOR, D. R. Processos anaeróbios de tratamento: fundamento e aplicações. In: SEMINÁRIO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE BIOMASSA, 4., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Editora da Universidade de Maringá, 1995. p.127-40.

PIRES, N. J. R. M. **T.T.E.-final project: biogás** – 1996. Disponível em: <http://morango.esb.esb.uep.pt>, Acessado em Janeiro de 2007

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. 2009. Disponível em: <http://www.santamaria.rs.gov.br/?secao=perfil_geo>. Acesso em: jan. 2009.

SCHROEDER, E. D. **Water and wastewater treatment**. New York: McGraw-Hill Book, 1977. 370 p.

SGANZERLA, E. **Biodigestores: uma solução**. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

SILVA, P. R. **Lagoas de estabilização para tratamento de resíduos de suínos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1973, 36p.

TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L. (Rev.). **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3. ed. New York: Metcalf & Eddy, 1991. 1334 p.