

## Sistema de Purificação de Biogás

Leonardo Zammar (UTFPR) [zammarleonardo@gmail.com](mailto:zammarleonardo@gmail.com)  
Thiago Aardoon Van Den Boogaard (UTFPR) [thiagoboogaard@hotmail.com](mailto:thiagoboogaard@hotmail.com)  
Gilberto Zammar (UTFPR) [zammar@utfpr.edu.br](mailto:zammar@utfpr.edu.br)  
Fanny Kovaleski (UTFPR) [fannyk92@hotmail.com](mailto:fannyk92@hotmail.com)

### Resumo:

A melhoria da qualidade do biogás é de grande importância para sua utilização. A região dos Campos Gerais é conhecida como uma das maiores bacias leiteiras do país, e onde há animais, há biomassa. O potencial energético da biomassa estimula o desenvolvimento e a criação de novas tecnologias. Trata-se de uma energia limpa e renovável, proveniente da digestão anaeróbica desta biomassa, gerando o gás metano, e com isso obtém-se as impurezas como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) sendo os componentes químicos responsáveis pela redução do poder calorífico biogás. Na combustão do biogás com a presença de  $\text{H}_2\text{S}$ , ocorre a formação do dióxido de enxofre, causador da chuva ácida, degradando o meio ambiente. Este trabalho teve, como objetivo, desenvolver um sistema de filtragem do  $\text{CO}_2$  utilizando água para purificar o biogás. Foi desenvolvido um filtro, que se distingue em uma tubulação de material PVC com 3 metros de comprimento, e 400 milímetros de diâmetro. Em seu interior, foi instalado um disco de aço carbono 1020, com 390 milímetros de diâmetro e centenas de furos dispersos entre si, com 3,5 milímetros de diâmetro. Foram realizados ensaios com baixa pressão, pois o sistema não suportou pressões mais elevadas. O sistema de purificação proposto apresentou uma eficiência de 16,5% de redução de  $\text{CO}_2$ .

**Palavras chave:** Biogás. Dióxido de carbono. Energia limpa e renovável.

## Biogas Purification System

### Abstract

Improving the quality of biogas is of great importance for their use. The region of Campos Gerais is known as one of the largest milk producing regions of the country, and where there are animals, there is biomass. The energy potential of biomass stimulates the development and creation of new technologies. It is a clean and renewable energy from anaerobic digestion of biomass, generating methane gas, and thereby obtains the impurities such as carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) and hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) and the chemical components responsible by reducing the calorific value biogas. The biogas combustion in the presence of  $\text{H}_2\text{S}$  formation of sulfur dioxide causes acid rain occurs, degrading the environment. This work has the objective to develop a filtration system to purify water using  $\text{CO}_2$  biogas. A filter which distinguishes itself in a PVC material pipe 3 meters long and 400 mm diameter has been developed. Inside, a hard carbon steel was installed in 1020, with 390 mm in diameter and hundreds of holes scattered among themselves, with 3.5mm diameter. Assays were performed at low pressure, because the system did not support higher pressures. The proposed purification system showed an efficiency of 16.5%  $\text{CO}_2$  reduction.

**Key-words:** Biogas. Carbon dioxide. Clean and renewable energy.

## 1. Introdução

A energia rural consumida é praticamente toda originária de fontes provenientes do petróleo e da energia elétrica. Com a crescente valorização destas fontes, aumenta-se o custo da produção significativamente, conseqüentemente aumentando o custo da unidade rural.

O Biogás tem origem das reações químicas anaeróbicas de dejetos de animais, normalmente de origem bovina e suína que possuem sistema de confinamento nas propriedades, pois para recolher os dejetos (biomassa) só é possível em sistemas de confinamento de animais.

Em propriedades agropecuárias pode-se permitir a autossuficiência energética, devido à existência de biomassa, para fermentação anaeróbica em biodigestores. O presente trabalho foi realizado em uma fazenda na região dos Campos gerais, no município de Carambeí – Pr, onde há o confinamento de aproximadamente 350 animais de origem leiteira, da raça Holandesa, e existe a estrutura de biodigestor, e utilizam o biogás sem filtração de CO<sub>2</sub> como combustível para bombear os biofertilizantes líquidos provenientes do biodigestor para as lavouras. Há dois motores estacionários na propriedade, que foram adaptados para funcionarem com o combustível biogás, e também, está em processo final de instalação um motor gerador de 125 kVA para geração de energia elétrica para a própria propriedade, podendo ser vendida para a concessionária que fornece energia.

As vantagens para o produtor que possui um biodigestor são várias, como:

- Utilização da matéria orgânica como fertilizante;
- Redução do impacto ambiental, pois durante a fermentação, as bactérias neutralizam a biomassa gerando biofertilizantes;
- Melhoria na qualidade do meio ambiente, pois reduz a emissão de metano e óxido nitroso para a atmosfera, diminuindo o efeito estufa;
- Geração de biogás para uso em motor-gerador e motores estacionários;
- Fontes de calor, utilizado em residências, em granjas avícolas, secagem de grãos e cereais;
- Fonte de energia limpa e renovável

A instalação de biodigestor tem um custo relativamente alto, um exemplo de uma propriedade com 100 animais de produção leiteira, tem custo total de aproximadamente de R\$ 105.000,00, contando com custo de escavação, mão de obra, material civil e a lona especial. Mas ao analisar as vantagens que o sistema oferece, em poucos anos o sistema se paga. O CO<sub>2</sub> tem efeito diluidor no gás, e é um dos componentes responsáveis pelo efeito estufa e o H<sub>2</sub>S é um gás incolor, tem poder corrosivo e é extremamente tóxico para o homem.

O poder calorífico de um gás é a quantidade de energia gerada por unidade de volume, o biogás possui poder calorífico como qualquer outro gás, e quanto mais puro, melhor é a eficiência na combustão. O principal componente poluidor em grande quantidade presente no biogás é o CO<sub>2</sub>, podendo variar de 25 a 40% da proporção. A concentração desejável de CO<sub>2</sub> no metano é que permaneça próxima a do gás natural, para que possa ser utilizado para os mesmos usos finais. Conforme a Agência Nacional do Petróleo (ANP), a porcentagem mínima de metano no gás natural deve ser de 86%, e o CO<sub>2</sub> no máximo de 5%, e quando estes valores são atingidos, o biogás recebe o nome de biometano.

### 1.1 Objetivo Geral

Tendo em vista a necessidade de melhorar o potencial energético do biogás, eliminando a concentração CO<sub>2</sub>, o presente trabalho foi realizado a fim de desenvolver e avaliar a eficiência

de um sistema de filtração de CO<sub>2</sub>, utilizando água como principal componente para purificar o biogás, pois o CO<sub>2</sub> é solúvel em água devido à forma molecular apolar existente.

## 1.2 Objetivos Específicos

Na propriedade onde foi realizado o experimento, o biogás possui concentração de 29,7% de CO<sub>2</sub>, e 67,8% de gás metano, e os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver e analisar o desempenho de um sistema de filtração do CO<sub>2</sub> utilizando água com solvente.
- Realizar a filtração do CO<sub>2</sub> até que a concentração permaneça dentro dos valores exigidos pela ANP
- Realizar as análises dos gases para comprovar a eficiência.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Geração do Biogás

Com a constante geração de biomassa de bovinos e/ou suínos presentes em propriedades pecuárias, é canalizado junto com água utilizada para limpeza na sala de ordenha, até um separador horizontal de líquidos e sólidos, onde apenas o líquido é adicionado ao biodigestor. A biomassa sólida é retirada para utilizar como adubo orgânico.

Trata-se de um combustível proveniente de recursos limpos e renováveis, pois a geração vem de degradação de matéria orgânica. Além desta aparência limpa, deve-se ter cuidado com a utilização, pois o gás metano na atmosfera sem ser queimado, é um contribuinte ao aquecimento global (efeito estufa) e é 21 vezes mais poluidor que o gás carbônico (ABREU, *et al.*2006). Disso vem a importância de tratarmos o gás, pois após a combustão, não é prejudicial ao meio ambiente.

Um biodigestor, biorreator ou digestor pode ser definido como uma câmara fechada, onde os dejetos líquidos são adicionados em seu interior, e sofrem digestão pelas bactérias anaeróbicas presentes na biomassa, assim gerando o biogás. Esta câmara tem como função de armazenar o biogás e se infla formando um reservatório. Esta câmara deve ser totalmente hermética, impedindo a entrada de oxigênio, pois afetam as reações biológicas das bactérias.

O biodigestor não produz o biogás, mas transforma o ambiente propício para o grupo de bactérias chamadas de metanogênicas degrade o material orgânico, e conseqüentemente gerando o gás metano e seus compostos.

Conforme Chernicharo (1997) a digestão anaeróbica representa um sistema ecológico delicadamente balanceado, onde cada microrganismo tem uma função importante. O ambiente propício para as bactérias metanogênicas crescerem e se desenvolverem com total eficiência são:

- Temperatura interna entre 30 a 40°C;
- pH da biomassa entre 6,6 a 7,4;
- Inexistência de Oxigênio;
- Presença de macro nutrientes como o carbono, nitrogênio, fósforo e potássio;

Para uma produção do biogás com maior teor de metano, a biomassa deve apresentar uma relação de carbono/nitrogênio em torno de 20 a 30/1, ou seja, 20 a 30 vezes mais carbono que nitrogênio. Com o excesso de carbono, oriundos de materiais celulósicos, o biogás terá uma

concentração maior de dióxido de carbono e consequentemente pouco metano. O mesmo pode ocorrer se a biomassa estiver com muita urina e sangue (COMASTRI FILHO, 1981).

O Teor de água presente na biomassa também é importante, que deve estar ao redor de 90% do peso do conteúdo total da biomassa. A diluição deve estar em torno 1:1 a 1:2, ou seja, uma quantidade de água para outra de biomassa. Tanto o excesso quanto a falta de água podem prejudicar o sistema de fermentação.

## 2.2 Modelos de Biodigestores

Atualmente existem três modelos de biodigestores, todos tem o mesmo princípio, o que muda é a forma de construção e materiais utilizados.

### 2.2.1 Canadense

Segundo Lucas Junior e Souza (2009) este modelo também é conhecido como biodigestor de fluxo tubular, pois apresenta uma construção simplificada do tipo horizontal com câmara de biodigestão escavada no solo, e coberto com lona ou material similar envolvendo toda a câmara, tornando o ambiente propício para o crescimento das bactérias.

Este modelo é o mais recente e o mais comum, devido a facilidade de instalação e baixo custo em relação aos outros modelos, hoje já existem lonas especiais para aplicação em biodigestores com vida útil de 5 a 10 anos, evitando furos indesejáveis, perdendo o biogás para a atmosfera.

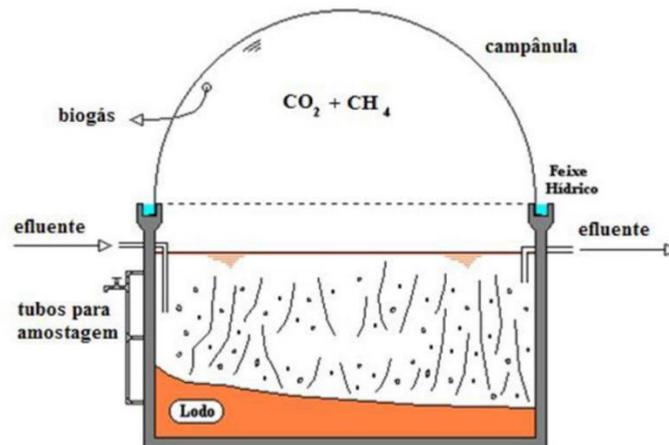


Figura 1 – Fluxograma de um Biodigestor modelo Canadense  
Fonte: Fonseca *et al.*, 2009

### 2.2.2 Chinês

Conforme Lucas Junior e Souza (2009) os principais componentes do biodigestor Chinês são: caixa de carga, tubo de carga, câmara de biodigestão cilíndrica com fundo esférico, gasômetro em formato esférico e galeria de descarga.

O modelo chinês é confeccionado em alvenaria com forma cilíndrica na câmara de fermentação, com o teto impermeável, e funciona com pressão hidráulica do próprio biogás produzido, fazendo com que os biofertilizantes saiam pela caixa de saída, mostrado na Figura 2. Este modelo não é indicado para grandes propriedades devido ao alto custo de instalação (PEREIRA, 1986).

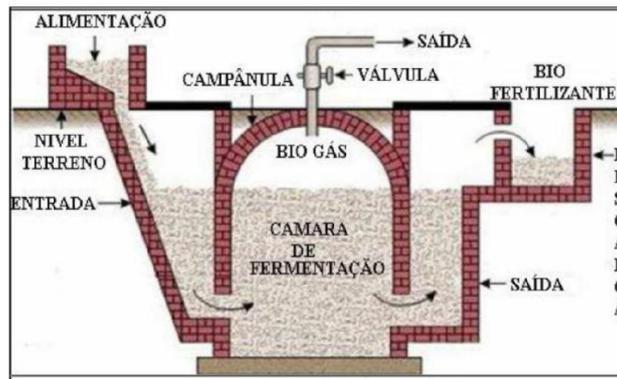


Figura 2 – Fluxograma de um Biodigestor Chinês  
Fonte: Fonseca *et al.*, 2009

### 2.2.3 Indiano

A Figura 3 exibe o modelo do biodigestor Indiano, que a diferença é na existência de uma campanula flutuante com gasômetro. Há uma câmara escavada no solo, revestida de alvenaria, e uma parede central dividindo o tanque de fermentação em duas câmaras. A vantagem deste sistema é quando o biogás não é utilizado, a campanula se move aumentando o reservatório de biogás, não havendo a necessidade de queimá-lo e liberando para atmosfera. No ponto de vista construtivo, apresenta-se de fácil construção, porem a campanula pode encarecer no custo de instalação (PEREIRA, 1986).

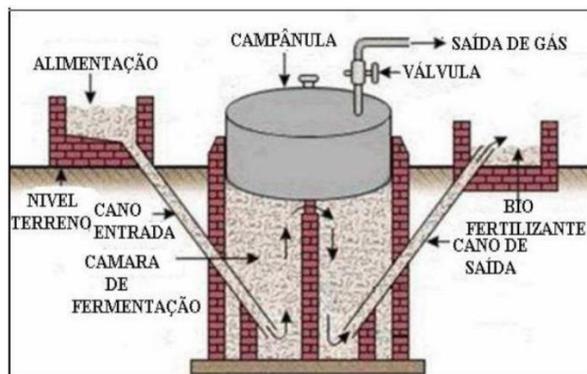


Figura 3 – Fluxograma de um Biodigestor Indiano  
Fonte: Fonseca *et al.*, 2009

## 2.3 Métodos de Alimentação

### 2.3.1 Contínuo

Conforme Comastri Filho (1981) neste sistema há constante entrada de biomassa no interior do biodigestor, assim, a produção de biogás e biofertilizantes ocorrem de forma contínua. Neste sistema depende da disponibilidade da biomassa, no qual a maioria dos biodigestores existentes utilizam este método por ser mais eficaz, com pouca mão de obra.

### 2.3.2 Batelada

Segundo Comastri Filho (1981) a biomassa é introduzida no biodigestor, gerando a fermentação metanogênica, o biogás produzido é armazenado na lona que reveste o biodigestor (modelo Canadense). Quando acabar a produção do biogás, o biodigestor é aberto e retirado totalmente os biofertilizantes e resíduos. Após a limpeza, é fechado e adicionado novamente a biomassa para um novo lote de produção.

## 2.4 Propriedades do Biogás

O biogás, ou gás metano, é considerado um gás combustível, incolor, altamente inflamável, que possui chama com coloração azul-claro, cuja concentração originalmente pode variar entre 50% a 75% de gás metano e 25% a 40% de dióxido de carbono, que são gerados pela fermentação biológica anaeróbica dos dejetos orgânicos oriundos de bovinos ou suínos. Este gás pode ser substituído com o gás natural, gerando calor, eletricidade e até mesmo vapor em caldeiras a combustão (PINHEIRO, 1999).

O biogás normalmente é utilizado da combustão interna de motores para geração de energia elétrica e bombeamento de biofertilizantes, que são os líquidos oriundos do biodigestor e aplicados na lavoura. Na Europa, o biometano é comercializado em postos para abastecimentos de veículos.

Segundo CCE (2000) o biogás consiste em uma mistura gasosa composta pelos componentes exemplificados na Tabela 1, a concentração é referente ao volume do gás produzido.

CONCENTRAÇÃO DOS COMPOSTOS DO BIOGÁS

Compostos	Concentração
Metano (CH <sub>4</sub> )	50 a 75%
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	25 a 40%
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	0,5 a 3%
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	0,1 a 1%
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	0,1 a 1%
Ácido Sulfídrico (H <sub>2</sub> S)	0,1 a 0,5%
Amônia (NH <sub>3</sub> )	0,1 a 0,5%

Fonte: Adaptado de CCE (2000)

Tabela 1 – Concentração dos Compostos do Biogás

Segundo CCE (2000) o biogás puro possui poder calorífico igual a 35.640 kJ/m<sup>3</sup>, mas com a existência dos compostos químicos citados acima, reduz a concentração de metano, reduzindo assim, o valor calorífico que apresenta em média 17.880 a 28.440 kJ/m<sup>3</sup>, reduzindo a eficiência energética, e também contamina e danifica os componentes em metais com composição de carbono, pois o ácido sulfídrico é corrosivo.

Se tratando o consumo do biogás como insumo energético, estando ele puro, com condições de pressão e temperatura normais, pode obter um poder calorífico aproximadamente 9,9 kWh/m<sup>3</sup>. Já o biogás com teor de metano variando entre 50 a 75%, terá poder calorífico em aproximadamente entre 4,95 a 7,92 kWh/m<sup>3</sup> (COLDEBELA, 2004)

RELAÇÃO COMPARATIVA DE 1M<sup>3</sup> DE BIOGÁS COM OUTROS COMBUSTÍVEIS

Tipos de Combustíveis	Quantidade
Gasolina	0,6L
Querosene	0,57L
Óleo Diesel	0,55L
Gás Liquefeito	0,45kg
Etanol	0,79L
Lenha	1,538 Kg
Energia Elétrica	1,428 kwh

Fonte: Deganitti *et al.*, (2002)

Tabela 2 – Relação comparativa de 1 m<sup>3</sup> de biogás com outros combustíveis

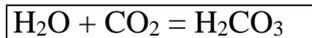
## 2.2 Processo de Absorção de CO<sub>2</sub>

O sistema de absorção é usado para separar componentes misturados com os gases, removendo impurezas, poluentes, e contaminantes presentes nos gases. A purificação de uma substância do estado gasoso para a fase líquida ocorre através da fronteira de gases. O material absorvido pode dissolver fisicamente no líquido ou reagir quimicamente no solvente (SEADER & HENLEY, 2006).

Segundo KOHL & NIELSEN (1997) o dióxido de carbono é solúvel pela Absorção Química Reversível, ou seja, envolve uma reação química entre o biogás e o componente líquido, assim formando produto de reação através de uma ligação fraca.

O CO<sub>2</sub> é absorvido em: Água (H<sub>2</sub>O), Hidróxido de Sódio (NaOH) e no Polietileno Glicol. Este trabalho foi realizado experimento utilizando água, pois é o líquido absorvente mais abundante encontrado e de baixo custo. O líquido absorvente que possui melhor eficiência é o Hidróxido de Sódio (SEADER & HENLEY, 2006).

O CO<sub>2</sub> absorve na água devido a estrutura molecular presente. O CO<sub>2</sub> reage com a água, formando a seguinte reação:



O resultado desta reação é o ácido carbônico, que é considerável fraco, pH entorno de 5 a 6, o qual está presente nas bebidas gaseificadas.

Segundo HAGEN et al. (2001), a absorção do CO<sub>2</sub> em pela água ocorre com altas pressões, de 6 a 12 bar, e baixas temperaturas, entorno de 10°C, permanecendo um percentual de dióxido de carbono entre 1 a 3%.

Para utilizar pressões elevadas, necessariamente obriga-se a utilizar equipamentos e peças mais resistentes, elevando o custo do projeto, dificultando a instalação em propriedades rurais de pequeno porte.

## 3. Metodologia Experimental

A experiência consistiu em elaborar um filtro para purificação do biogás a fim de reduzir o teor de CO<sub>2</sub>, seguindo parcialmente um modelo de uma coluna de absorção utilizando água natural de poço artesiano como solvente, e avaliar a eficiência do sistema, como ilustra a figura 4.



Figura 4- Modelo de Filtro de CO<sub>2</sub>  
Fonte: Adaptado de Horikawa, *et al.*, (2004)

### 3.1 Descrição da Montagem do Filtro

Foi construída uma coluna de absorção, ou seja, um cilindro vertical com 3000 milímetros de altura, com 400 milímetros de diâmetro. Segundo SEADER & HENLEY (2006) o sistema deve suportar altas pressões, em média 12 bar, porém foi realizada a experiência com baixa pressão, afim de reduzir o custo de construção do filtro.

O material escolhido foi de PVC, que possui um custo mais acessível para realizar o experimento. O tubo tem espessura de parede de 5 milímetros, o fechamento das extremidades foi realizado com um tampão de PVC. Em seu interior, foi instalado um disco de aço carbono 1020, com 390 milímetros de diâmetro e 4 milímetros de espessura, com centenas de furos equidistantes entre si, com diâmetro de 3,5 milímetros, como ilustra a figura 5.



Figura 5- Disco formador de bolhas  
Fonte: Autoria Própria

O princípio de funcionamento é forçar o biogás entrar pela parte inferior do filtro, e o líquido absorvente pela parte superior, fazendo com que o biogás tenha resistência para passar sob a coluna do líquido absorvente, visando maior área de contato entre líquido e o biogás possível. O disco perfurado tem como objetivo, dispersar os gases, formando centenas de bolhas de biogás, assim ocorrendo a reação química.

Na lateral do cilindro, foi instalada a saída do líquido absorvente a 400 milímetros da base, a entrada do biogás foi instalada a 700 milímetros da base. Logo em seguida, com 800 milímetros foi instalado o disco perfurado. Aos 900 milímetros foi instalada uma mangueira transparente de 1.500 milímetros de comprimento para acompanhar e manter o nível do líquido absorvente no interior do filtro.

Aos 2.600 milímetros da base, foi instalada a entrada do líquido solvente, onde na extremidade internamente possui um crivo de PVC semelhante a um chuveiro para molhamento uniforme. No topo do filtro, foi instalada a tubulação de saída do biogás onde foi realizada a leitura dos teores dos gases. Na parte inferior do filtro, foi instalada uma segunda saída de sedimentos do líquido solvente, para auxiliar na substituição do líquido. Todas as entradas e saída de biogás e o líquido, foram utilizados adaptadores para caixas d'água de ½", pois são de baixo custo e possui boa vedação. A construção do filtro foi visando a vedação completa entre os componentes, utilizando silicone e anéis de vedação onde necessário impedindo vazamentos.

Todas as tubulações utilizadas na montagem do filtro, como por exemplo, as entradas e as saídas do líquido absorvente foram de material de PVC com 20 milímetros de diâmetros, visando reduzir os custos.

Foi confeccionado um suporte para o filtro com cantoneira aço carbono 1020 com dimensões de  $\frac{3}{4}$ " X  $\frac{1}{4}$ ", com três pés, e no centro duas cintas de metal envolvendo o filtro, permanecendo o mesmo a uma altura de 400 milímetros do chão, como mostram as figuras 6 e 7.



Figura 6 – Identificação dos componentes do Filtro  
Fonte: Autoria Própria



Figura 7 - Posição do manômetro na câmara de reação química; Posição da mangueira para controle de nível do líquido; Posição do disco interno formador de bolhas  
Fonte: Autoria Própria

### 3.2 Pontos de Controle de Operação do Filtro

O controle de pressão interna é analisado por dois manômetros de escala de 0 a 10 bar de pressão, um manômetro está instalado na entrada de biogás do filtro, e outro instalado na câmara de reação química. O controle da pressão do biogás é realizado utilizando um registro de  $\frac{1}{2}$ " tipo esfera na saída do filtro, e na entrada do filtro é realizado o controle de vazão do biogás.

Outro controle a ser realizado, é o nível da coluna d'água existente na câmara de reação, pois o nível em excesso pode sobrecarregar o sistema, e nível baixo pode tornar a absorção de  $\text{CO}_2$  ineficiente.

Para o biogás superar a coluna do líquido absorvente, foi necessário utilizar um compressor para aumentar a pressão e superar a resistência do líquido na coluna, e a pressão da água deve ser maior que a pressão interna do filtro.

## 4. Resultados e Discussões

Nesta seção serão abordados resultados de desempenho do filtro quanto à remoção de  $\text{CO}_2$ , e modo de operação.

Ao iniciar com a experiência, foi operado inicialmente com pressão de 2 bar, porém o filtro não suportou a pressão, danificando uma das tampas. Foram realizados os reparos na tampa, e realizados testes com 1 bar de pressão do biogás, sendo que o filtro suportou a pressão. Sabendo que o líquido absorvente possui saturabilidade com relação ao  $\text{CO}_2$ , foi realizado descarte contínuo do líquido absorvente em uma lagoa de tratamento, com vazão igual a 18l/h. Outra variável do processo é a vazão do biogás a ser passado pelo filtro.

A temperatura do biogás é um fator fundamental, quanto menor a temperatura, melhor é a sua eficiência. A temperatura do biogás na propriedade durante o experimento foi de 23°C, e a temperatura da água mantivesse em com 18°C.

As leituras dos teores dos gases foram realizadas por um equipamento portátil específico para analisar teor de gás metano e CO<sub>2</sub>, da marca LANDTEC, modelo GEM 2000, como ilustra a figura 8.



Figura 8 - Aparelho utilizado para realizar as análises

Foi realizada a análise do biogás sem passar pelo filtro, e tivemos os seguintes valores:

- Metano: 67,8%
- Dióxido de Carbono: 29,7%

OBS: Todas as análises foram realizadas com temperatura da água em 18°C, temperatura do biogás com 23°C e vazão do líquido absorvente fixa em 18 L/h.

Foram executados vários ensaios, no qual foram divididos em duas etapas. Os próximos quatro ensaios foram realizados com vazão do biogás em 3m<sup>3</sup>/min e resultaram em:

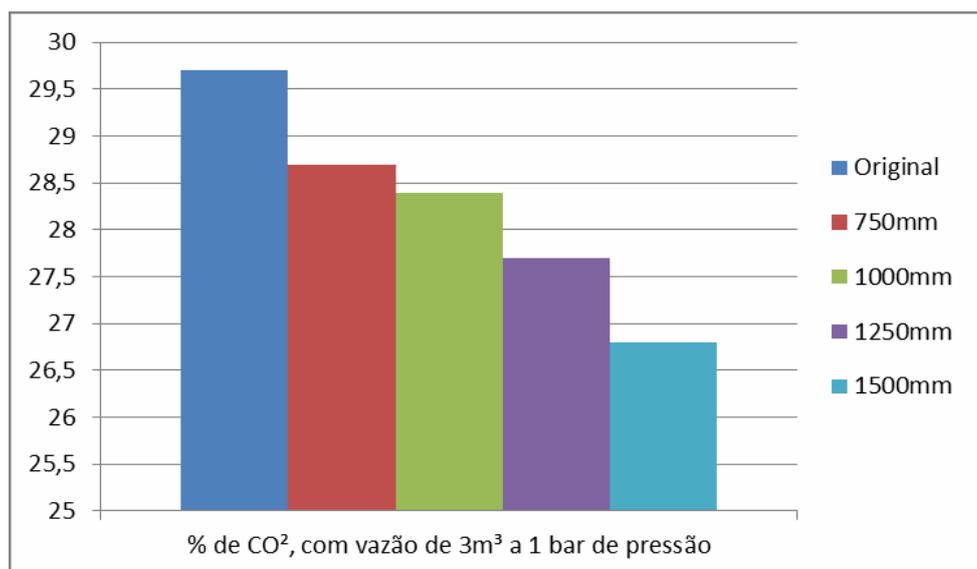


Gráfico 1 – Resultados dos ensaios com vazão em 3m<sup>3</sup>/min

Pode-se observar no Gráfico 1 que quanto maior a coluna d'água presente no sistema, melhor é a eficiência, porém, os resultados não foram satisfatórios devido à baixa pressão de serviço, pois o filtro não suporta pressões mais altas.

A segunda bateria de ensaios realizados foi com a vazão do biogás com  $2\text{m}^3/\text{min}$ , e observa-se uma melhor eficiência nos resultados:

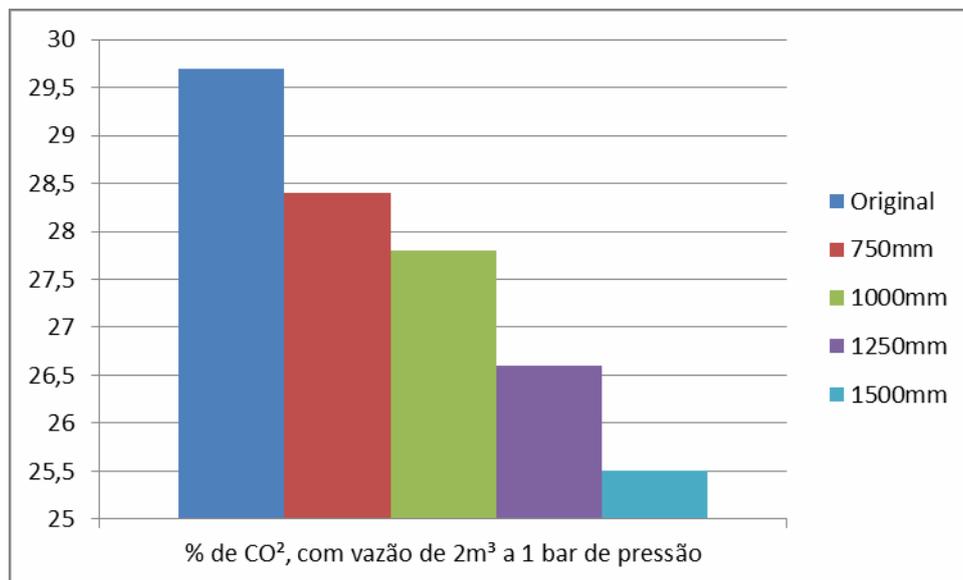


Gráfico 2 – Resultados dos ensaios com vazão em  $2\text{m}^3/\text{min}$

Nota-se que quanto menor a vazão de biogás, maior é a eficiência do filtro, pois maior é o tempo de contato sob o líquido absorvente, reduzindo a turbulência na câmara de reação.

Ao realizar os testes com vazão a  $1\text{m}^3/\text{min}$ , foi reduzida a passagem do biogás pelo registro esfera na entrada do filtro, porém, aumentou a pressão entre o compressor e o registro, e com isso gerou a abertura da válvula de segurança do compressor, impossibilitando os testes com  $1\text{m}^3/\text{min}$  de vazão do biogás.

Neste experimento, não foi levado em conta o aumento da umidade de água presente no biogás após a passagem pelo filtro, no qual com certeza terá alterações.

A concentração de CO<sub>2</sub> no biogás original é de 29,7%, e com a utilização do filtro com 1500mm de coluna d'água obteve-se resultado igual a 25,5%. A eficiência de remoção de CO<sub>2</sub> foi de 16,5%.

## 5. Conclusão

Com a fabricação do filtro de material de PVC, proporcionou um menor custo, em contrapartida, a capacidade de resistência a pressão interna é limitada a 1 bar, impossibilitando a realização de ensaios com pressões elevadas como cita a literatura.

O objetivo específico de redução da concentração de CO<sub>2</sub> menor de 5% não foi atingido, mas de certa forma, os resultados foram satisfatórios, pois com os ensaios em baixa pressão comprovou que é possível reduzir a concentração de CO<sub>2</sub> presente no biogás utilizando água como solvente.

Biogás na propriedade possuía concentração original de 29,7% de CO<sub>2</sub>, e após a filtragem do biogás, a concentração reduziu para 25,5%, uma eficiência de 16,5% de redução de CO<sub>2</sub>, o

melhor desempenho encontrado foi utilizando uma coluna de líquido absorvente de 1500 milímetros de altura e vazão do biogás em 2m<sup>3</sup>/min.

Não foi levado em conta, a umidade relativa do biogás, por falta de recursos para realizar as análises.

### Referências

**ABREU, C. A., PECORA, V., VELÁZQUEZ, S., COELHO, S. T.** – Biogás de aterro para geração de eletricidade e iluminação – IEE/CENBIO – Instituto de Eletrotécnica e Energia / Centro Nacional de Referência em Biomassa. USP – Universidade de São Paulo – 2006.

**AMARAL, F. L. M.** Biodigestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: Um panorama tecnológico atual. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), São Paulo, 2004.

**ARRUDA, M. H, et al.** Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. Revista científica de agronomia da Faculdade de Agronomia e engenharia florestal, Garça, ano I. nº 2, dez. 2002.

**ANP** – Agência Nacional do Petróleo. Portaria 128, de 28 de agosto de 2001. 10p.

**CCE – CENTRO PARA CONSERVAÇÃO E ENERGIA.** Guia Técnico de Biogás. Amadora – Portugal, 2000. 117p.

**CHERNICHARO C. A. L.** Reatores Anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. v. 5, 246 p.

**COLDEBELLA, A.** Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite. 2004, 9f. Dissertação (Mestrado em engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Cascavel – PR.

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

**DEGANUTTI, R, et al.** Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: 40 encontro de energia meio rural. São Paulo, 2002. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. UNESP. São Paulo, 2002.

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

**GASPAR, R. M. B. L.** Utilização de Biodigestor em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR, 2003. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia de produção e sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003.

**HAGEN M.; POLMAN, E.; MYKEN, A.; JENSEN, J.; JONSSON, O.; DAHL, A.** Adding Gas from Biomass to the Gas Grid: Final Report. Contract No: XVII/4.1030/Z/99-412. European Commission. 2001. 142 p.

**HORIKAWA, M. S., ROSSI, F., GIMENES, M.L., COSTA, C. M. M., SILVA. M. G. C.** Chemical Absorption of H<sub>2</sub>S For Biogas Purification – Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 21 No. 03, pp. 405, July – September, 2004.

**KOHL, A. L., & NIELSEN, R. B.** Gas Purification. (Fifty Edition). Houston: Gulf Professional Publishing. 1997.

**LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. de F.** Construção e operação de biodigestores. Viçosa-MG, CTP, 2009.

**PEREIRA, M. F.** Construções Rurais. São Paulo: Nobel, 1999.

**PINHEIRO P.C.C.** Sistemas térmicos. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 1999. 32p. (Apostila didática).

**SEADER, J. D., & HENLEY, E. J.** Separation Process Principles, (2nd ed.) 2006.

**SOUZA, S. N. M, et al.** Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. Revista Maringá da Universidade do Estado do Paraná – Unioeste, Cascavel, v. 26, no 2, p. 127-133, 2004.