

## XI-021 - AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA CO-DIGESTÃO ANAERÓBICA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E LODO DE ESGOTO EM DIGESTORES TÊXTEIS

**Pedro Luz Brancoli** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mestrando em Resource Recovery and Sustainable Engineering pela Universidade de Borås, Suécia.

**Isaac Volschan Junior**

D.Sc., Prof. Adjunto do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica – UFRJ

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Viskastrandsgatan 4, 25 – 50630 – Borås, Suécia. Tel: (46) 764128078 – e-mail: [pedrobrancoli@gmail.com](mailto:pedrobrancoli@gmail.com)

### RESUMO

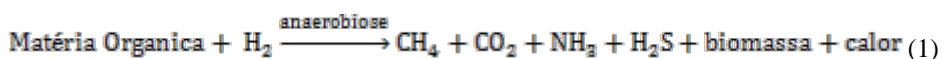
Digestores anaeróbios domésticos podem ser uma solução atraente para o tratamento descentralizado e localizado de resíduos orgânicos e para atendimento às demandas de energia para cocção e iluminação. Este artigo apresenta o processo de logística para a instalação e partida operacional de digestores anaeróbios fabricados em material têxtil, e expõe os resultados preliminares da codigestão anaeróbia de lodo de esgoto e da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. O experimento ocorreu sob condições mesofílicas, em operação semi-continua, em um digestor têxtil de 2 m<sup>3</sup>, alimentado por substrato correspondente a mistura em proporção de 25% de FORSU e 75% de lodo de esgoto. O monitoramento do processo de codigestão teve como referência a análise dos seguintes parâmetros: composição e volume do biogás, sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos totais fixos (STF), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK). Como principal resultado, obteve-se a produção de biogás segundo valores variando entre 0,15 e 0,58 em L/g SV destruído.

**PALAVRAS-CHAVE:** Digestão anaeróbia, codigestão, digestor têxtil, biogás.

### INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia de resíduos orgânicos é aplicada ao processamento de lodo em estações de tratamento de esgotos, assim como em unidades especificamente construídas para a estabilização da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU). A codigestão de lodo de esgotos e FORSU vem sendo praticada no sentido da diluição do potencial tóxico dos compostos, do melhor equilíbrio de nutrientes, dos efeitos sinérgicos de microorganismos, do aumento da carga de matéria orgânica biodegradável e de taxas mais altas de produção de biogás. [9]

O processo de digestão anaeróbia é um processo bioquímico de degradação da matéria orgânica na ausência de oxigênio e é realizado por um consórcio de microorganismos. Neste processo ocorre a conversão da matéria orgânica principalmente em metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O). A matéria orgânica degradada no fim do processo é rica em nutrientes e pode ser utilizada como fertilizante. Pode-se representar a digestão anaeróbia pela seguinte equação:



A composição do biogás proveniente da decomposição de resíduos orgânicos corresponde, em geral, a 55-70% de metano, 30-45% de dióxido de carbono, e 2-4 ppm de sulfeto de hidrogênio [8].

A digestão anaeróbia ocorre em três fases que ocorrem simultaneamente dentro do reator. O primeiro grupo de bactérias secretam enzimas que degradam através da hidrólise, carboidratos, proteínas e lipídios em compostos orgânicos mais simples. O segundo grupo de bactérias acetogênicas converte estes compostos orgânicos mais simples em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e ácido acético. Na última fase, a metanogênese o metano é produzido

através da conversão do  $\text{CO}_2$  e do  $\text{H}_2$ . [8]. O metano é um composto rico de energia, e que pode ser utilizado para inúmeras aplicações tais como a coação, iluminação e produção de energia elétrica.

Cada fase é realizada por grupos de micro-organismos distintos que apresentam diferentes características de resistência e necessidade quanto à disponibilidade de nutrientes, pH, variações de temperatura e velocidade de reprodução [1]

Atualmente existem uma série de modelos de digestores anaeróbicos como digestores de cúpula fixa, tambor flutuante e digestores de fluxo de plugue. Este experimento apresenta o processo de logística para a instalação e partida operacional de digestores anaeróbios fabricados em material têxtil, e expõe os resultados preliminares da codigestão anaeróbia de lodo de esgoto e da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### DIGESTOR

O digestor utilizado no experimento é fabricado com um material têxtil estanque. A Figura 1 mostra a unidade que conta com uma entrada por onde ocorre a alimentação com o substrato, uma saída por onde o material digerido é retirado e uma outra saída no topo para o biogás produzido. As saídas do efluente e do biogás são dotadas de registros. O digestor possui um volume total de  $2 \text{ m}^3$  e um volume útil de  $1,4 \text{ m}^3$ , sendo o volume restante utilizado no armazenamento temporário do biogás produzido. O digestor não possui qualquer sistema mecânico para mistura. Para garantia da saída do efluente, e da mistura interna, o mesmo foi instalado em uma superfície de concreto dotada de uma declividade de aproximadamente 1/100. As principais vantagens deste reator têxtil são o pouco peso, facilidade de transporte e instalação.

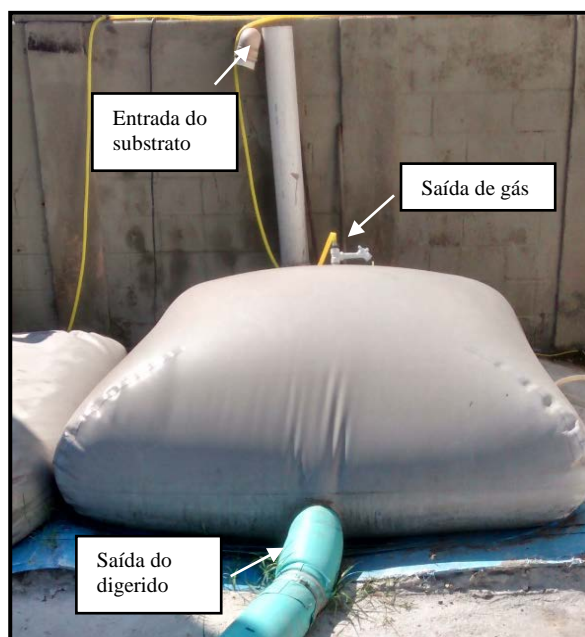


Figura 1 – A unidade de digestão anaeróbica

### INOCULAÇÃO

O inóculo utilizado com o objetivo de introduzir no digestor grupos de bactérias necessários para a digestão dos resíduos era proveniente do lodo de um digestor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). O digestor foi preenchido até o volume útil de trabalho com este lodo e então foi alimentado com baixa carga orgânica com o objetivo de adaptação do conjunto bacteriano com o novo tipo de alimentação.

## **CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL**

O digestor operou durante o tempo do experimento em regime semi-contínuo, úmido e em faixa de temperatura mesofílica. A alimentação era feita com a frequência de três vezes por semana. O tempo de retenção hidráulica de 30 dias atendia a proporção da alimentação de 1 parte de resíduos orgânicos para 4 partes de lodo de esgoto em volume.

Os resíduos orgânicos eram provenientes de restaurantes localizados no Centro de Tecnologia da UFRJ. Os resíduos produzidos pelos restaurantes possuíam duas naturezas distintas. Uma fração do resíduo era composta por resíduos orgânicos provenientes da preparação das refeições enquanto outra fração era composta por resíduos produzidos após as refeições.

Os resíduos eram coletados semanalmente e passavam por um pré-tratamento manual onde qualquer tipo de material contaminante era retirado. Além dos contaminantes não orgânicos, eram retirados contaminantes orgânicos como limões e outros substratos com alto teor de acidez sempre que presentes em grandes quantidades. Posteriormente o resíduo era triturado com tamanho de partícula menor que 10 mm, embalado em sacos e congelado em um freezer a uma temperatura aproximada de -20°C. A preparação da alimentação era feita com uma frequência semanal.

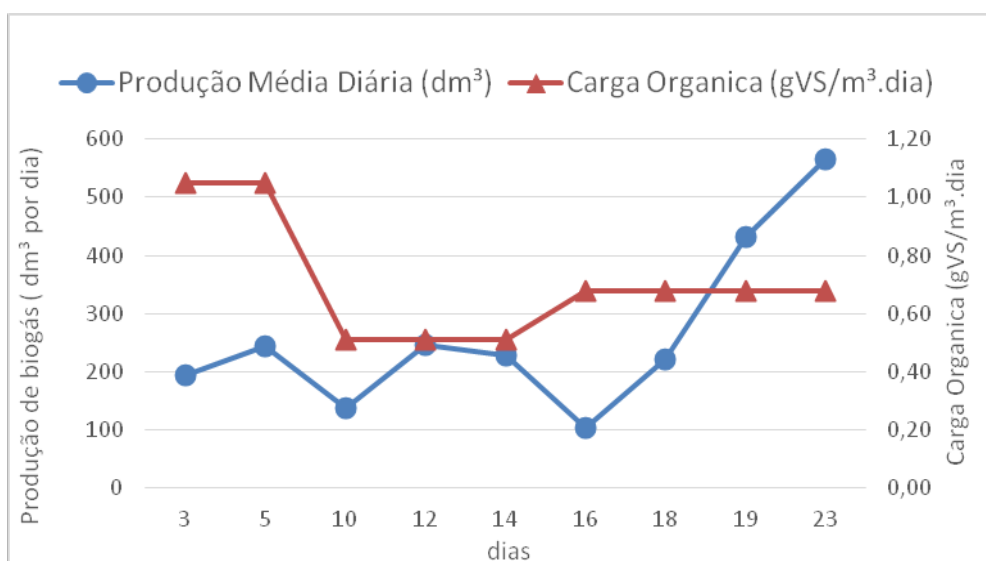
A cada alimentação o resíduo sólido era misturado com parte do efluente do digestor UASB (fração líquida) e a fração restante era utilizada para dar uma descarga no tubo de alimentação de forma a garantir a entrada do resíduo no digestor se houvesse resíduos acumulados no tubo de entrada.

## **ANÁLISES**

O processo de digestão anaeróbia foi avaliado através da análise dos seguintes parâmetros para o substrato e para o digerido: sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos totais fixos (STF), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK). Para o biogás foi analisado o volume e composição do biogás produzido.

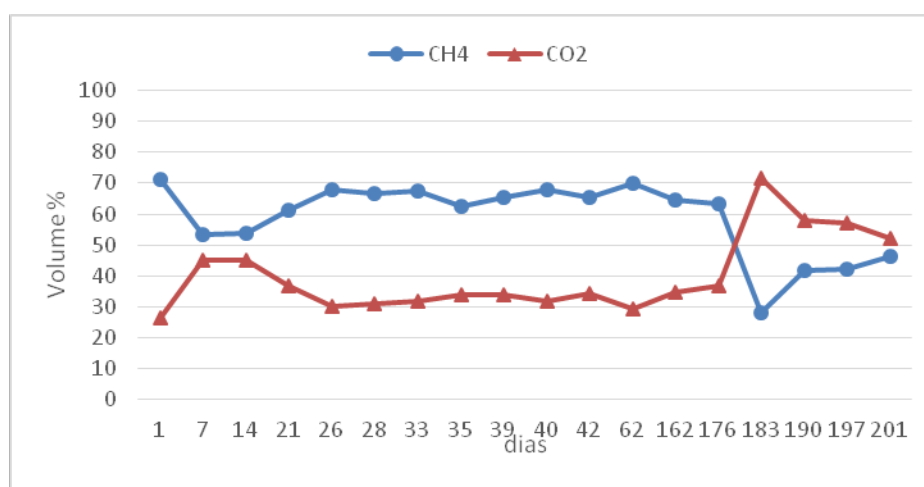
## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

A produção diária de gás (expresso como  $\text{dm}^3/\text{dia}$ ) em conjunto com a carga orgânica aplicada (expresso como  $\text{gSV}/\text{m}^3.\text{dia}$ ) é apresentada na Figura 2 para o digestor. A produção específica de gás (PEG), medido por unidade de SV adicionado no digestor, variou durante o experimento na faixa de valores de 0,14 - 0,5 ( $\text{dm}^3/\text{g}$  SV alimentado) e a produção de biogás medido por unidade de SV foi destruído (PG) na faixa de 0,15 - 0,6 ( $\text{dm}^3/\text{g}$  SV destruído). A produção média diária de biogás foi de 292  $\text{dm}^3$  por dia. Em outro experimento de co-digestão de lodo de esgoto com a fração orgânica do lixo, são encontrados valores de produção de biogás na faixa de 0,4 - 0,8 ( $\text{dm}^3/\text{g}$  SV destruído) e valores de PEG na faixa 0,2-0,4 ( $\text{dm}^3/\text{g}$  SV alimentado). [2]. Os valores encontrados neste experimento estão de acordo com os esperados na literatura.



**Figura 2 - Evolução da produção diária de biogás e carga orgânica aplicada ao digestor**

A composição do biogás foi analisada durante todo o período do experimento e também durante os meses iniciais de inoculação do digestor. Foi analisada a concentração de metano e gás carbônico. Os resultados estão na Figura 3.



**Figura 3- Evolução do conteúdo percentual em volume de CH4 e CO2 no biogás produzido**

A observação da Figura 3 mostra que durante o período de inoculação a composição do biogás produzido se estabilizou na faixa de 30% em volume de CO<sub>2</sub> e 70% de CH<sub>4</sub>. Quando se encerrou a etapa de inoculação e iniciou-se a alimentação do digestor, após o intervalo por problemas operacionais e com carga orgânica total, ocorreu uma inversão nos valores de concentração dos gases principais. Esta inversão indica que com o uma maior carga orgânica aplicada ocorreu um aumento na conversão dos produtos da hidrólise em ácidos simples, dióxido de carbono e hidrogênio. Nota-se que as concentrações tendem a se estabilizar no patamar anterior com o passar do tempo.

## PROBLEMAS NO DIGESTOR

Inicialmente o experimento contava com dois digestores iguais. Na segunda semana de operação observou-se vazamento em um dos digestores. A Figura 4 indica o local onde ocorreu o vazamento, a junção entre o tubo de alimentação e o digestor. Contatou-se que o problema ocorreu devido ao rompimento da cola que unia estas duas partes do digestor.



**Figura 4 - Detalhe do vazamento no digestor 1**

O digestor se mostrou resistente durante o tempo de operação a ação de vetores, principalmente ratos. O local de instalação dos digestores por ser uma área aberta e por existir resíduos da trituração de orgânicos para a alimentação do próprio digestor, era uma área com potencial de atração de vetores, porém nenhum dos danos relacionados possui relação com os vetores.

## CONCLUSÃO

As demandas energéticas globais crescem a cada década bem como os problemas associados à utilização de combustíveis fósseis e as emissões de gases estufa associadas. Neste contexto inclui-se ainda a problemática da destinação correta dos resíduos sólidos e o tratamento de efluentes sanitários.

Neste sentido, este experimento verificou a produção de biogás associada à co-digestão anaeróbia de resíduos sólidos e lodo de esgoto.

Foi possível determinar a produção de biogás e os parâmetros relacionados à digestão anaeróbia, como degradabilidade do substrato, as relações entre produção de biogás e carga orgânica aplicada e a composição do gás produzido, informações importantes tanto para o dimensionamento dos digestores como para a operação dos mesmos.

Os resultados obtidos se limitaram ao tempo de operação do reator, considerado curto para estabelecer estas relações de forma mais confiável. Julga-se que o tempo de operação não foi suficiente para a estabilização do processo, logo os parâmetros obtidos são limitados aos sistemas estáveis.

Recomenda-se para a empresa fornecedora do produto uma reformulação no design da tubulação de entrada do substrato e saída do digerido, pontos frágeis do sistema que apresentaram vazamentos. Nestes pontos considera-se necessária a utilização de materiais mais resistentes, principalmente nas entradas de substratos

que estão constantemente em atrito com as tubulações de PVC. Avaliou-se positivamente a facilidade de instalação dos reatores, seu peso e simplicidade de operação. O modo e material como os reatores são feitos facilitam seu transporte. Avaliou-se positivamente também a resistência dos reatores contra vetores e sua estanqueidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chernicharo, C. A. (1997). Principios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbicos. Belo Horizonte.
2. Gomez, X., Cuetos, M., Cara, J., Morán, J., & García, A. (2005). Anaerobic co-digestion of primary sludge and the fruit and vegetable fraction of the municipal solid wastes Conditions for mixing and evaluation of the organic loading rate.
3. Hamzawi, N., Kennedy, K. J., & Mc Lean, D. D. (s.d.). Technical feasibility of anaerobic co-digestion of swage sludge and municipal solid waste. Environ. Techonoly 19, 993-1003.
4. Jordão, E. P., & Pessôa, C. A. (1995). Tratamento de Esgotos Domésticos. ABES.
5. Rajendran, K., Aslanzadeh, S., Johansson, F., & Taherzadeh, M. J. (2013). Experimental and economical evaluation of a novel biogas digester. Energy Conversion and Management 74, 183 - 191.
6. Rodrigues, A. L. (2005). Co-digestão anaeróbia de resíduos de natureza orgânica. Universidade de Aveiro Departamento de Ambiente e Ordenamento.
7. Souza, M. E. (2002). Fatores que influenciam a digestão anaerobica. Bioresource Technology, 27 - 36.
8. Verma, S. (2002). Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes.
9. Poggi-Varaldo, H. M., & Oleszkiewicz, J. A. (1992). Anerobic cocomposting of municipal solid waste and waste sludge at high total level. Environ. Techonoly 13, 409-421.