

ACOMPANHAMENTO DA PARTIDA DE REATOR UASB ATRAVÉS DA ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA – AME

**Antônio Ricardo Mendes BARROS (1); Silvânia Lucas dos SANTOS (2);
Francisca Socorro PEIXOTO (3); Heraldo Antunes Silva Filho (4); Elivânia
Vasconcelos Moraes dos SANTOS (5)**

- (1) IFCE - Limoeiro do Norte, Rua Estevão Remígio 1145, e-mail: ricardomendes_123@hotmail.com
(2) IFCE - Limoeiro do Norte, Rua Estevão Remígio 1145, e-mail: silvania_lucas@hotmail.com
(3) IFCE - Limoeiro do Norte, Rua Estevão Remígio 1145, e-mail: socorropeixoto2009@hotmail.com
(4) IFCE - Limoeiro do Norte, Rua Estevão Remígio 1145, e-mail: heraldo@ifce.edu.br
(5) IFCE - Limoeiro do Norte, Rua Estevão Remígio 1145, e-mail: elivania@ifce.edu.br

RESUMO

A utilização de reatores anaeróbios em sistemas de tratamento de efluentes domésticos tem crescido bastante nas últimas décadas devido ao seu baixo custo e fácil operação. Porém, todo e qualquer reator biológico necessita de um acompanhamento de partida, afinal as bactérias precisam se adaptar ao meio e ao efluente, para isso são utilizados parâmetros específicos, como: TDH, velocidade ascensional, carga orgânica e biológica, além de físico-químicos. Uma das variáveis que tem se destacado no monitoramento da eficiência dos reatores anaeróbios é a Atividade Metanogênica Específica (AME) que verifica se as bactérias metanogênicas, responsáveis pela última etapa do processo de digestão anaeróbia, transformando o acetato em metano e dióxido de carbono, estão em plena atividade. Com base nisso, é possível utilizar esta como acompanhamento de partida de sistemas com reatores anaeróbios associando-o a outros dois parâmetros: Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV). Os resultados se mostraram coerentes para o estágio inicial do sistema, pois o valor da AME e da remoção de DQO ficou abaixo do esperado para um sistema estável. Espera-se que a continuidade dos experimentos auxilie na identificação do estágio estacionário do sistema, confirmando a AME como parâmetro adequado para tal fim.

Palavras-chave: Reatores anaeróbios, partida, atividade metanogênica específica.

1.0 INTRODUÇÃO

A utilização de reatores anaeróbios em sistemas de tratamento de efluentes domésticos tem crescido bastante nas últimas décadas devido ao seu baixo custo e fácil operação. E dentre esses, o tipo manta de lodo, mais conhecido como UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), se destaca pela sua eficiência na remoção de matéria orgânica. Porém, no tocante à adequação ambiental o UASB requer uma perícia mais apurada, pois as bactérias anaeróbias, responsáveis pela degradação da matéria orgânica das águas residuárias, trabalham apenas numa determinada faixa de temperatura, por isso que deve ser constantemente avaliada em sua capacidade de depuração.

Para avaliar a qualidade do lodo responsável pelo bom desempenho na remoção de matéria orgânica em reatores anaeróbios, comumente são realizados testes fermentativos que medem a produção de metano conhecida como Atividade Metanogênica Específica (AME). O teste da AME consiste em incubar uma pequena quantidade de biomassa provinda do reator UASB em um meio contendo acetato e uma solução tampão para evitar flutuações de pH. Após determinado período de incubação mede-se a quantidade de gás produzido por unidade de tempo e por unidade de massa bacteriana. Embora o teste de AME seja bastante útil não há ainda uma padronização para o seu uso.

Neste trabalho estudou-se o comportamento de lodo anaeróbio a partir do teste de AME em condições de partida, buscando avaliar os principais parâmetros de influência e identificar o momento em que o sistema atingiria o estágio estacionário, confirmando assim a viabilidade do uso da AME como parâmetro confiável durante a partida de um sistema UASB.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Entender o processo de digestão anaeróbia é fundamental para avaliar a atividade das bactérias metanogênicas. A digestão anaeróbia é um processo biológico natural, que ocorre na ausência de oxigênio molecular, em que populações bacterianas interagem estreitamente para promover a fermentação estável e auto-regulada da matéria orgânica, da qual resultam, principalmente, os gases metano e dióxido de carbono (FORESTI, 1997). Soubes (1994) relata que o processo de digestão anaeróbia é natural, baseado no ciclo anaeróbio do carbono, pelo qual é possível transformar a substância orgânica em biomassa e compostos inorgânicos como gás carbônico (CO_2); amônia (NH_3); ácido sulfídrico (H_2S) e nitrogênio (N_2).

As bactérias que agem no processo de decomposição anaeróbia podem ser divididas em três grupos, com comportamentos fisiológicos distintos (CHERNICHARO, 2000):

- Bactérias Fermentativas: transformam, por hidrólise, polímeros em monômeros, e estes, em acetato, hidrogênio, dióxido de carbono, ácidos orgânicos de cadeia curta, aminoácidos e outros produtos, como glicose;
- Bactérias Acidogênicas/Acetogênicas: convertem os produtos gerados pelas bactérias fermentativas em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono;
- Bactérias Metanogênicas: utilizam como substrato os produtos finais do segundo grupo. Algumas usam o acetato, transformando-o em metano e dióxido de carbono, enquanto outras produzem metano através da redução do dióxido de carbono.

CHERNICHARO (2000) classifica pelo mesmo nome as bactérias atuantes: fermentativas, acetogênicas e metanogênicas. Esse mesmo autor diz que a determinação da capacidade do lodo anaeróbio em produzir metano é importante porque a remoção de elétrons equivalentes, ou seja, compostos reduzidos causadores da demanda química de oxigênio (DQO), da água residuária a ser tratada só ocorrerá de fato com a formação do metano, que por ser praticamente insolúvel em água, escapa facilmente da fase líquida.

Na Figura 1 ilustra-se todo o processo da digestão anaeróbia que ajuda a entender o funcionamento das citadas bactérias.

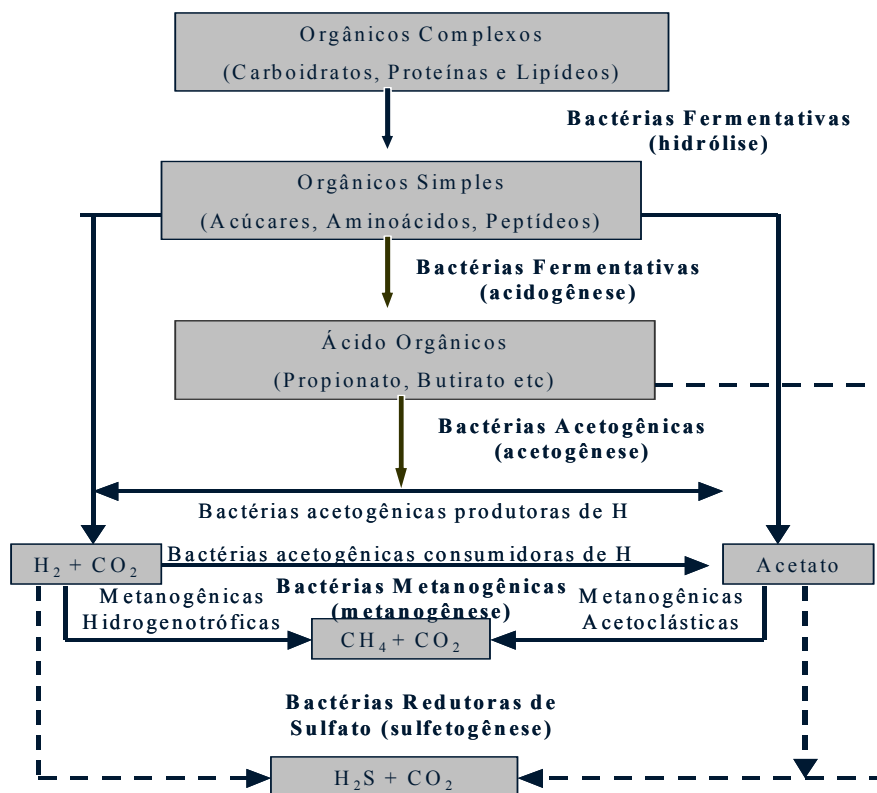


Figura 1 - Sequências das rotas metabólicas e grupos microbianos envolvidos na digestão anaeróbia
FONTE: Chernicharo (1997)

De acordo com Soares (1997) as bactérias anaeróbias são de difícil isolamento e identificação, e vários processos e métodos têm sido propostos para quantificar tais bactérias, bem como para medir a sua atividade metabólica. É nesse contexto que surge a discussão de métodos para entender o processo de atividade das bactérias, como a Atividade Metanogênica Específica (AME).

Chernicharo (2000) conceitua o teste como a capacidade máxima de produção de metano por um consórcio de microrganismos anaeróbios, realizada em condições controladas de laboratório, para viabilizar a atividade bioquímica máxima de conversão de substratos orgânicos a biogás. Um fator que deve ser levado em consideração para a comparação do teste feito em bancada com o reator é o teste de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), é a partir dele que é calculada a atividade metanogênica de toda biomassa.

Conforme Monteggia (1991) a atividade metanogênica é calculada a partir da medição direta da taxa de produção de metano ou consumo de um substrato, por unidade de biomassa (SSV) e unidade de tempo. Durante o teste, deve-se levar em conta, a garantia de ambiente anaeróbio, e condições necessárias de nutrientes para obtenção da atividade biológica máxima, utilização de adequada população de microrganismos, avaliada pela concentração de SSV, alimento suficiente para obtenção da taxa máxima de remoção de substrato e o uso de um equipamento capaz de monitorar as mudanças da atividade metabólica durante o teste.

3.0 DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

O principal objetivo desse trabalho é descrever o teste de atividade metanogênica específica (AME), a fim de usá-lo como parâmetro de monitoramento de um sistema anaeróbio em partida, aliado a outros parâmetros correlacionados como sólidos suspensos voláteis (SSV) e demanda química de oxigênio (DQO).

4.0 METODOLOGIA, RESULTADOS, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

4.1 Material e descrição do sistema

O sistema montado para gerar o lodo de testes (Figura 2) é constituído de três tambores de 60L, mangueira de 25mm de diâmetro, registros, garrafas de polietileno tereftalato (PET) cortadas (como defletores) e tubulações. Toda a estrutura foi montada de forma simples, o primeiro tambor denominado de entrada, foi conectado ao segundo, possuindo fluxo ascendente, estrutura semelhante a um reator UASB, como se mostra na Figura 3, e o último tem a função de receber o efluente.



Figura 2 - Sistema de reator UASB para teste de AME
Fonte: Próprio autor

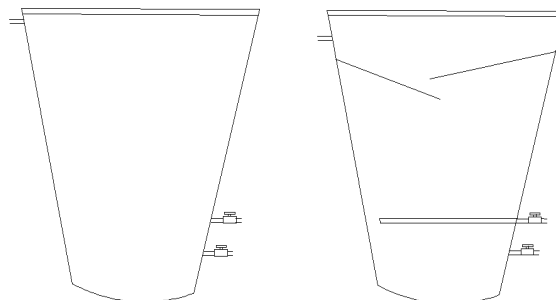


Figura 3 - Croqui da estrutura do UASB, externa e internamente para teste de AME
Fonte: Próprio autor

O sistema funciona no tratamento de esgoto predominantemente doméstico gerado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Limoeiro do Norte. E o inóculo utilizado foi retirado do reator UASB desativado, localizado no bairro Cidade Alta da mesma cidade.

Devido o sistema ser alimentado em batelada, a operação se resume em dois procedimentos, a alimentação diária, no tambor de entrada, regulando a vazão para que o afluente mantenha um tempo de detenção hidráulica (TDH) de aproximadamente 5h e o descarte do efluente na rede municipal de esgotamento sanitário de Limoeiro do Norte.

4.2 Metodologia

O principal objetivo do teste de atividade metanogênica específica é calcular o consumo de matéria orgânica, consequentemente, produção de metano, por unidade de biomassa. Devido a isso o procedimento requer a quantidade de sólidos suspensos voláteis (SSV) e demanda química de oxigênio (DQO) determinado de acordo com APHA et al. (2005) como se mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para caracterizar o sistema em partida

Variáveis	Métodos Analíticos	Referência
AME	Método protocolado por absorção de CO ₂	Chernicharo (2000)
DQO	Método da refluxação fechada ou da digestão de pequenas amostras	APHA et al. (2005)
SSV	Gravimétrico	APHA et al. (2005)

4.3 Descrição do procedimento (AME)

Determinado o SSV, o procedimento se segue colocando as quantidades pré-estabelecidas (500 mL) de lodo nos frascos de reação (frascos de soro de 1000mL), preferencialmente 12 a 24 horas antes de iniciar o teste, visando à adaptação do mesmo e sob uma temperatura de 30°C e agitação de 140rpm.

Três observações a serem acrescentadas são: (1) deve ser adicionado o substrato aos frascos de reação, nas concentrações desejadas (concentrações variando de 1,0 a 2,5gDQO.L⁻¹), de biomassa em torno de 4gSSV.L⁻¹ e registrar os volumes de biogás produzido, em cada intervalo de tempo, ao longo do período do teste.

O substrato utilizado para que as bactérias metanogênicas degradassem foi preparado com acetato de sódio numa concentração de 25,44g.L⁻¹, correspondendo a uma DQO de aproximadamente 120mg.L⁻¹. Foram coletados 40 mL para o teste de AME, correspondendo, dessa forma, a uma DQO de 480mg.L⁻¹ (VAN HAANDEL; MARAIS, 1999).

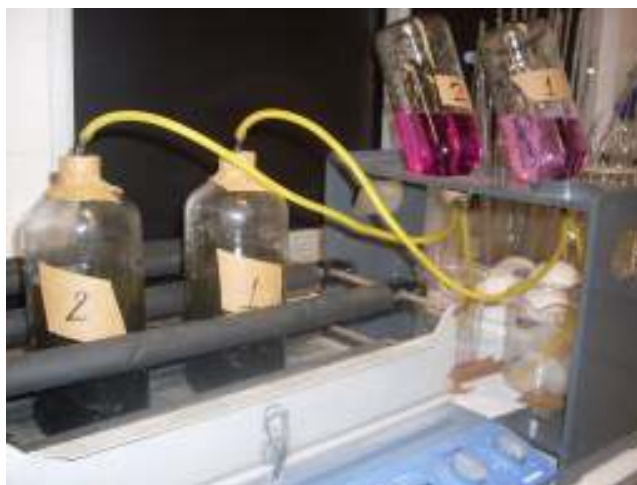


Figura 3 - Foto do teste AME

Fonte: Próprio autor

Conforme a Figura 3 vê-se que frascos de vidro de soro contendo o lodo foram conectados por mangueira de silicone a frascos invertidos contendo um indicador (fenolftaleína) e uma solução de NAOH a 3% (SOARES, 1997). Os frascos de teste foram vedados com rolha de borracha para evitar a saída do gás gerado. O gás metano produzido foi medido diretamente em provetas à medida que o líquido da solução de fenolftaleína era expulso. A Atividade Metanogênica

Específica (AME) do lodo foi calculada, relacionando-se a quantidade de metano produzido em mL pela biomassa em grama de SSV e pelo tempo, em horas. Os dados foram gerados devido ao conhecimento de que: cada grama de SSV (biomassa) digere 0,1 gramas de DQO por dia (VAN HAANDEL; MARAIS, 1999). De acordo com a Tabela 2, os parâmetros temperatura e pH deveriam estar na faixa, respectivamente, de 30°C e 7, o que foi confirmado no decorrer do procedimento.

Tabela 2 - Parâmetros monitorados durante o teste

Variáveis	Valores
Temperatura (°C)	30,5
pH	7,45

4.4 Resultados

Tabela 3 - Resultados dos testes

Variáveis	Resultados
AME	35,7 mL (descrito na Figura 4)
DQO	Remoção de 51% (descrito na Tabela 4)
SSV	3810 mg.L ⁻¹

No tocante ao valor dos SSV o procedimento do teste utilizado indica um valor em torno de 4000 mgSSV.L⁻¹, o qual se encontra próximo a este.

A produção de metano no teste AME está descrita na Figura 4, a qual demonstra claramente a maior eficiência no período das primeiras 24h e com o passar do tempo a diminuição de volume. É interessante ressaltar que não há necessidade de prolongar o tempo do teste, já que depois de 48h (estimativa) provavelmente, o processo de degradação da matéria orgânica se tornou endógeno, ou seja, ocorreu uma mineralização do substrato. Entretanto, o teste se mostrou útil para se determinar o tempo necessário para a degradação de determinada fração da matéria orgânica.

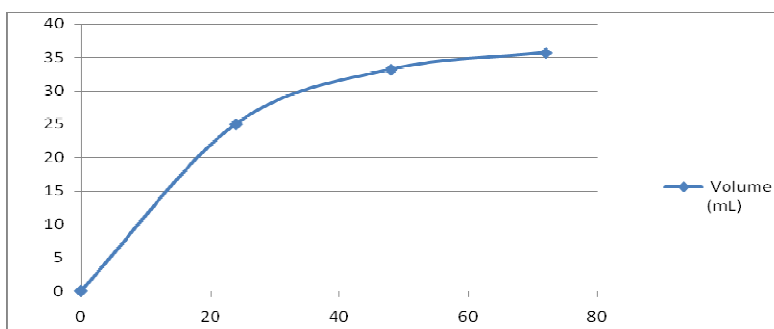


Figura 4 - Produção de metano no teste AME (Tempo x Volume)

Fonte: Próprio autor

Com a curva formulada o próximo passo é realizar o cálculo para comparação de SSV e a produção de metano. Este é o resultado do produto do maior quociente de inclinação da reta (1,04), do fator de conversão de CH₄ para DQO (2,57gO₂.L⁻¹) e o tempo (24h), dividido pela concentração de SSV (3810mgSSV.L⁻¹)

$$P_{CH_4} = \frac{1,04 \cdot 2,57 \cdot 24}{3810}$$

[Eq. 1]

$$P_{CH_4} = 0,017 \text{ mgDQO/mgSSV.dia}^{-1}$$

Levando em consideração que o inóculo utilizado no sistema estava com boa qualidade e o afluente tinha pouca concentração de matéria orgânica, qualifica-se a remoção de DQO como satisfatória, pois mesmo o sistema estando em condições de partida já removeu bastante matéria orgânica, como se mostra na Tabela 4.

Tabela 4 - Concentração de matéria orgânica (DQO) no sistema em partida

Quando um sistema está em continuidade hidráulica estável a remoção de matéria orgânica é geralmente na faixa de 70 a 80% e com AME em torno de 0,14 mgDQO/mgSSV.dia⁻¹, os resultados mostraram-se coerentes, referente ao estágio de utilidade do sistema, já que a atividade metanogênica e a DQO, ficaram abaixo do valor normalmente encontrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação da produção de metano mostrou-se viável para o acompanhamento preliminar da partida do sistema anaeróbio operado nesta pesquisa visto que os dados obtidos quando

Unidade do sistema	Resultados
Entrada	220 mgO ₂ .L ⁻¹
Saída	102 mgO ₂ .L ⁻¹
Porcentagem da remoção	51%

comparados aos de sistemas anaeróbios similares, porém em estado estacionário, foram bem inferiores, como o esperado.

Espera-se que com a continuidade desse trabalho possa-se definir com maior confiabilidade e segurança a importância da atividade metanogênica (AME) como parâmetro de controle operacional em ETES. Isso porque, com o decorrer do monitoramento do reator, a repetibilidade do teste e a estabilização do sistema operado somados às variáveis: concentração de biomassa, substrato e condições ambientais, poderão ser correlacionadas com a AME e se poderá comparar os dados de partida com os de um reator já aclimatizado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FUNCAP e IFCE pelas bolsas de iniciação científica. E também, ao Laboratório de Análises de Água e Efluentes (LAAE) que em parceria com o Núcleo de Pesquisa em Gestão e Saneamento Ambiental (NUPGESAM) cedeu o espaço para esta pesquisa ser desenvolvida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, USA: American Public Health Association, 2005.

CHERNICHARO, C. A. L. **Biomassa nos sistemas anaeróbios**. In: CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte-Br: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, v. 4, p. 85-88, cap.3. 1997.

CHERNICHARO C. A. L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 5, 2000.

FORESTI, E. Fundamentos do Processo de Digestão Anaeróbia In: FORESTI, E. Sistemas de Tratamento Anaeróbio. CURSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS, 3, Florianópolis, 30 de junho a 11 de julho de 1997. **Anais...** Florianópolis - Br, 1997. p. 1 -12.

MONTEGGIA, L. O. **The Use of specific methanogenic activity for controlling anaerobic reactors**, 307f. Tese (Doutorado)-Newcastle: University of Newcastle Upon Tyne. England, 1991.

SOARES, H. M., HIRATA, Y. S. Práticas de Laboratório. CURSO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS, 3, Florianópolis - 30 de junho a 11 de julho de 1997. **Anais...** Florianópolis-Br, 1997. p. 13.

SOUBES, M.. **Microbiologia de la digestion anaeróbia**. Taller e seminario latinoamericano, 3. TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES. Montevideo - Uruguay, 1994, p. 15 - 27.