

DETERMINAÇÃO DA MÁXIMA ATIVIDADE METANOGENICA ESPECÍFICA DE UM LODO ANAERÓBIO TRATANDO EFLUENTE SINTÉTICO

Michael B. VIANA (1); Cristiano Régis F. DE BRITO (2); Augusto B. DE SOUSA (3); Renato C. LEITÃO (4); Sandra T. SANTAELLA (5).

(1) CEFET-CE, Rua Padre Guilherme nº152 - Altos, Antonio Bezerra, Fortaleza-CE - Tel.: (85) 32375646 / 88656921, e-mail: michaelbviana@yahoo.com.br

(2) Universidade Federal do Ceará, e-mail: regiscrfb@hotmail.com

(3) Universidade Federal do Ceará, e-mail: absregino@hotmail.com

(4) Embrapa Agroindústria Tropical, e-mail: renato@cnpat.embrapa.br

(5) Universidade Federal do Ceará, e-mail: sandra@ufc.br

RESUMO

O teste de Atividade Metanogênica Específica (AME) visa avaliar a capacidade das bactérias anaeróbias de converter substrato orgânico em metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), em condições previamente determinadas e estáveis. Este trabalho teve como objetivos: estabelecer condições ideais para se obter a máxima AME e comparar os resultados com os experimentos realizados sem a padronização do teste. A medição do biogás era feita diariamente por deslocamento de líquido (gravimetria). Primeiramente foram feitos testes utilizando diferentes concentrações de substrato (1,25; 2,50; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00 e 12,50gDQO/L), mantendo a mesma concentração de lodo (8,2gST/L). A segunda etapa foi aplicar a concentração ótima de substrato a diferentes concentrações de biomassa (2,5 a 12,5 gST/L). Os resultados mostraram que a atividade máxima ocorreu quando se utilizou glicose em concentração igual a 10gDQO/L e lodo em concentração de 2,0gSV/L, obtendo-se AME de 0,61KgDQO/KgSV.dia. Quando se utilizou uma mistura de Ácidos Graxos Voláteis como substrato, a atividade máxima ocorreu com concentrações de DQO e de lodo iguais a 3,75gDQO/L e 4,0gST/L respectivamente, obtendo-se AME de 0,19KgDQO/KgSV.dia.

Palavras-chave: Atividade Metanogênica Específica, glicose, Ácidos Graxos Voláteis.

1. INTRODUÇÃO

A Atividade Metanogênica Específica (AME) pode ser definida como a capacidade máxima que um consórcio de microrganismos anaeróbios tem de produzir metano, através de seu metabolismo natural de conversão de substrato orgânico em biogás (principalmente metano e dióxido de carbono), sob condições controladas de laboratório.

O teste de AME consiste em inocular uma concentração de lodo anaeróbio conhecida, em condições previamente determinadas e estáveis, visando avaliar a sua capacidade de converter substrato orgânico em metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), em função do tempo e da massa bacteriana. A AME é então calculada pelas taxas de produtividade máxima de metano produzida ao longo do período do teste. Exemplos de condições indispensáveis são o ambiente anaeróbio em que o lodo é confinado, a concentração suficiente de macro e micronutrientes, concentração adequada de substrato e lodo anaeróbio, agitação e controle da temperatura (MONTEGGIA, 1991).

De forma geral, a AME pode ser utilizada como um parâmetro de monitoramento da atividade metabólica da população metanogênica presente em um reator biológico e, como tal, constitui-se em uma importante ferramenta para o controle operacional de reatores anaeróbios.

Diversos ensaios foram realizados utilizando o mesmo lodo, porém, os resultados são de difícil comparação, já que este teste ainda não foi padronizado e os diversos pesquisadores realizaram os testes de AME com adaptações inerentes ao seu trabalho (POERSCH & KOETZ, 1998). Os objetivos deste trabalho foram: estabelecer condições ideais para se obter a máxima AME através de diversas concentrações de lodo e substrato orgânico; testar qual tipo de substrato, entre glicose e uma mistura de Ácidos Graxos Voláteis (AGV's), resultaria na maior atividade; e comparar os resultados das AME's obtidas, tanto quando o reator UASB foi operado no regime de fluxo contínuo como no de semi-batelada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Reator UASB em regime de semi-batelada

A forma de alimentação de um reator UASB é tipicamente por fluxo contínuo. Visando atender às necessidades do projeto em escala real, optou-se por operá-lo em regime de semi-batelada. Esse sistema consiste em bombear um volume de afluente para dentro do reator e promover uma recirculação constante do líquido até que toda matéria orgânica biodegradável seja removida. Foi aplicada uma alta vazão de bombeamento, o que contribuiu para que houvesse uma seleção de um lodo mais denso e mais ativo.

2.2. Teste de AME

Chernicharo (1997) sugere o uso do teste de AME para avaliar o comportamento da biomassa sob efeito de compostos supostamente inibidores, determinar a toxicidade relativa de compostos químicos presentes em efluentes líquidos (teste de toxicidade anaeróbia), estabelecer o grau de degradabilidade de um efluente com base na atividade anaeróbia durante um período de tempo, monitorar as mudanças de atividade do lodo devido a uma possível acumulação de materiais inertes após longos períodos de operação de reatores, determinar a carga orgânica máxima que pode ser aplicada a um determinado tipo de lodo proporcionando uma aceleração do processo de partida de sistemas de tratamento, e avaliar parâmetros cinéticos.

As concentrações de substrato e de biomassa inoculada são fatores limitantes no experimento. O uso de quantidade excessiva de biomassa pode causar decréscimo na atividade máxima, devido a limitações na transferência de massa do substrato metanogênico aos microrganismos. Da mesma forma, concentrações insuficientes de alimento, isto é, abaixo do nível de saturação requerido pelos microrganismos, podem reduzir a atividade metanogênica máxima. Também deve ser explanado que concentrações excessivas de ácido acético podem inibir a atividade das bactérias metanogênicas (BIRCH et al., 1989).

Os resultados do teste de AME podem variar de acordo com a metodologia empregada. Diferentes fontes de inóculos podem levar a resultados diferentes, devido à adaptação e à composição da população microbiana (BARKER & STUCKEY, 1999).

Araújo (2008) e Freitas Neto (2007) realizaram testes de AME inoculando o mesmo lodo utilizado nesse trabalho e verificou que a máxima AME foi de 0,27KgDQO/KgSV.dia quando 2,5gDQO/L de Líquido da Casca do Coco Verde (LCCV) foi a fonte de matéria orgânica. Utilizando uma mistura de AGV's, composta por ácido acético e ácido propiônico (1:1), a uma concentração de 2,5gDQO/L, a máxima AME foi igual a 0,16KgDQO/KgSV.dia. As condições em que ocorreram esses testes não foram ideais por não haver agitação contínua, temperatura de aproximadamente 30°C e padronização do teste (em termos de concentração de lodo e substrato), apesar disso, os resultados foram de suma importância para o monitoramento do processo. Outro aspecto a ser relatado é que o regime de alimentação do reator nesse período era realizado por fluxo contínuo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento buscou padronizar os testes de AME realizados segundo a metodologia descrita por Leitão (2004). Foram utilizadas garrafas de borosilicato, com volume de 400mL, sendo que o volume de reação era de 200mL.

A quantidade de lodo anaeróbio a ser inoculada era calculada baseando-se na concentração de ST e SV. Foram adicionados macro e micro nutrientes em concentrações suficientes para prevenir que ocorra deficiência durante o teste. Os macronutrientes adicionados à solução foram: NH_4Cl (0.28g/L), K_2HPO_4 (0.25 g/L), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0.10g/L), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0.01g/L). Os elementos traços adicionados foram: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (2000g/L), H_3BO_3 (50g/L), ZnCl_2 (50g/L), $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (38g/L), $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (500g/L), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (50g/L), $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (90g/L), and $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (2000g/L). Bicarbonato de sódio foi adicionado como solução tampão, variando sua concentração de acordo com a DQO, na taxa de 1gNaHCO₃/gDQO. Finalmente, os frascos recebiam o substrato e, em seguida, era completado com água destilada até atingir um volume de 200mL. Nos frascos-reatores, vedados com septos de borracha butil, injetou-se gás composto de 80% de N_2 e 20% de CO_2 , durante 1 minuto, para a expurga do oxigênio.

Para haver um maior contato entre o substrato utilizado e a biomassa, foi utilizada uma mesa agitadora Tecnal a 120rpm. A temperatura foi controlada em $35 \pm 1^\circ\text{C}$.

Os testes foram divididos em duas etapas. Na primeira etapa, foram utilizadas diversas concentrações de substrato (1,25; 2,50; 3,75; 5,00; 7,50; 10,00; 12,50 gDQO/L) e apenas uma concentração de lodo (8,2gSV/L). Esta concentração inicial de lodo nos frascos foi adotada a partir de resultados obtidos quando não havia padronização do ensaio. Na etapa seguinte, aplicou-se a concentração ótima de substrato, obtida anteriormente, variando-se a concentração de lodo, de 2,5 a 12,5gSV/L.

Existem diversas metodologias para medição do biogás produzido, porém a escolhida para esse trabalho foi a gravimétrica. A cada 24 horas, o biogás acumulado nos frascos-reatores era deslocado até uma garrafa de Mariotte contendo solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) a 5% (para que houvesse a absorção do CO_2), fazendo com que o volume de NaOH deslocado para fora da garrafa representasse apenas o de CH_4 , sendo esse volume pesado em seguida. A Figura 1 apresenta o esquema e a foto do frasco no momento da medição do biogás produzido.

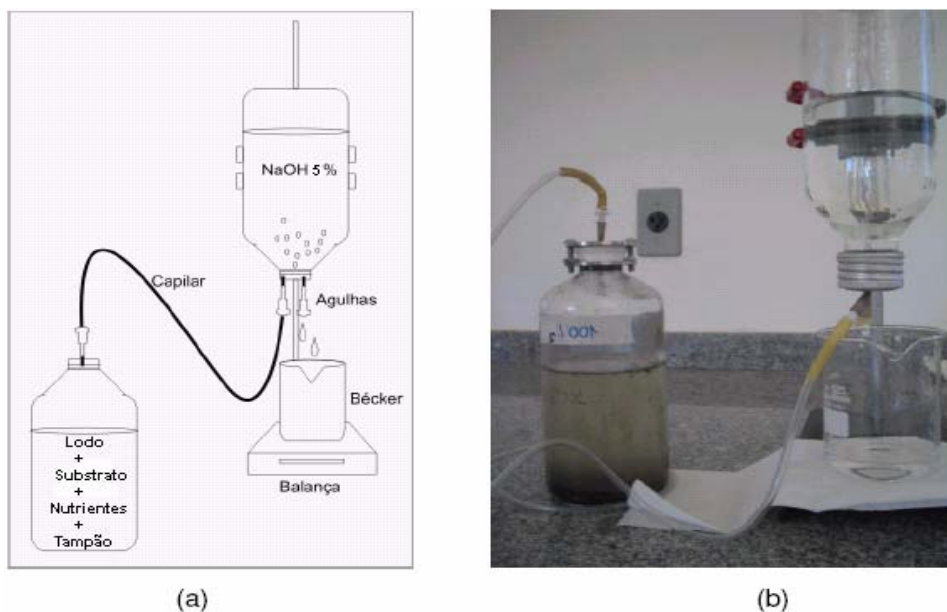


Figura 1 – (a) Esquema da medição do biogás produzido; (b) Foto capturada no momento da medição do biogás produzido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram divididos de acordo com o substrato utilizado nos frascos-reactores. Em seguida, é apresentado um comparativo das máximas AME's obtidas durante os dois regimes de alimentação do reator.

3.1. Glicose como Substrato

A Figura 2 mostra o gráfico com os resultados das AME's obtidos quando foram utilizadas diversas concentrações de glicose e 8,2gSV/L de lodo. Os resultados mostraram que a máxima AME, 0,43KgDQO/KgSV.dia, foi obtida nos frascos contendo 10,0gDQO/L.

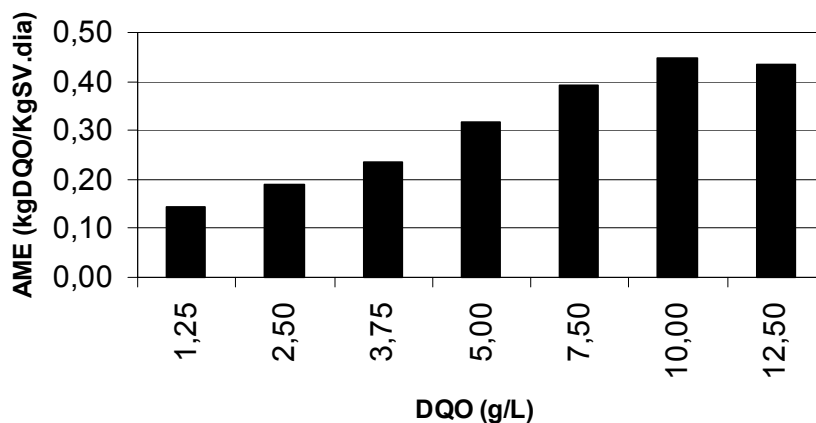


Figura 2 – Resultados das AME's quando submetidas a diversas concentrações de glicose.

A Figura 3 mostra o gráfico com os resultados das AME's obtidas quando foram utilizadas diversas concentrações de lodo (em termos de gSV/L) e 10 gDQO/L de glicose. De acordo com o gráfico, verifica-se que a máxima AME, 1,61KgDQO/KgSV.dia, foi obtida nos frascos contendo 2,0gSV/L.

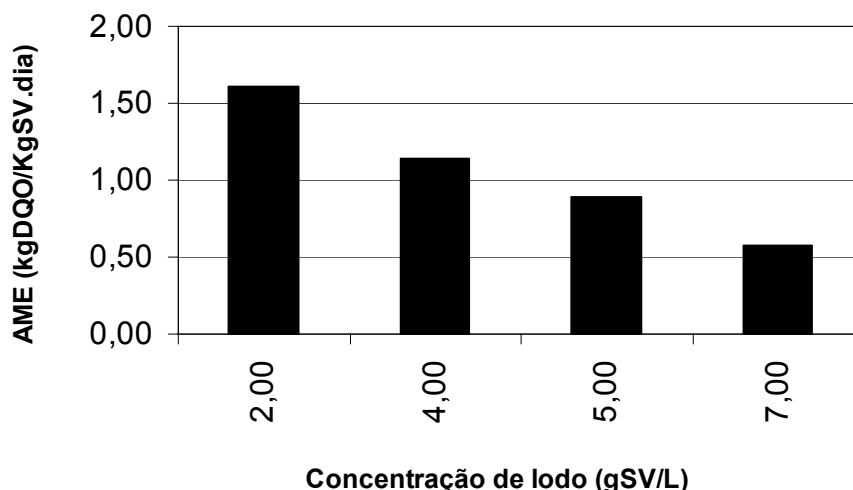


Figura 3 – Resultado das AME's quando submetidas a diversas concentrações de lodo.

A tendência natural do teste seria aumentar os valores de AME se a concentração de lodo diminuir, porém o meio ficaria ainda mais diluído e mais propício à ação de microrganismos aeróbios e facultativos, o que poderia interferir nos resultados.

3.2. Mistura de AGVs como Substrato

A Figura 4 mostra o gráfico com os resultados das AME's obtidos quando foram utilizadas diversas concentrações da mistura de AGVs e 8,2gSV/L de lodo. Os resultados mostraram que a máxima AME, 0,19KgDQO/KgSV.dia, foi obtida nos frascos contendo 3,75gDQO/L.

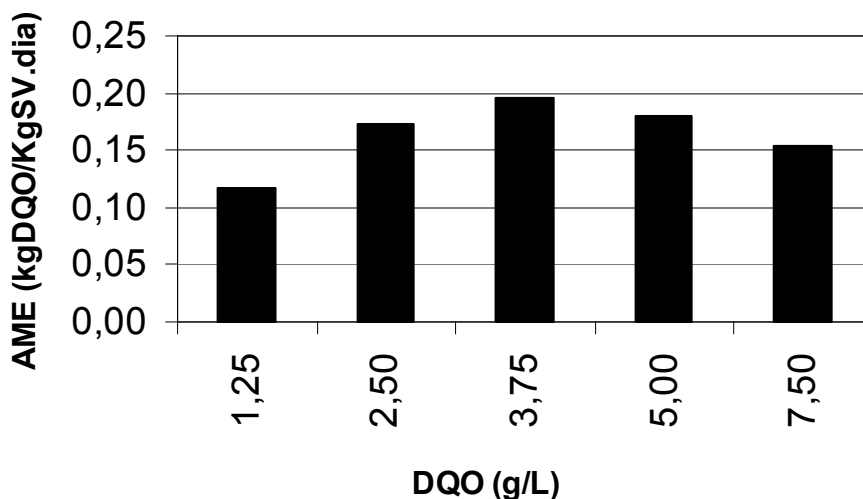


Figura 4 – Resultado das AME's quando submetidas a diversas concentrações da mistura de AGV's.

A Figura 5 mostra o gráfico com os resultados das AME's obtidos quando foram utilizadas diversas concentrações de lodo (em termos de gSV/L) e 3,75 gDQO/L de AGV. De acordo com o gráfico, nota-se que a máxima AME, 0,17KgDQO/KgSV.dia, foi obtida nos frascos contendo 4,0gSV/L.

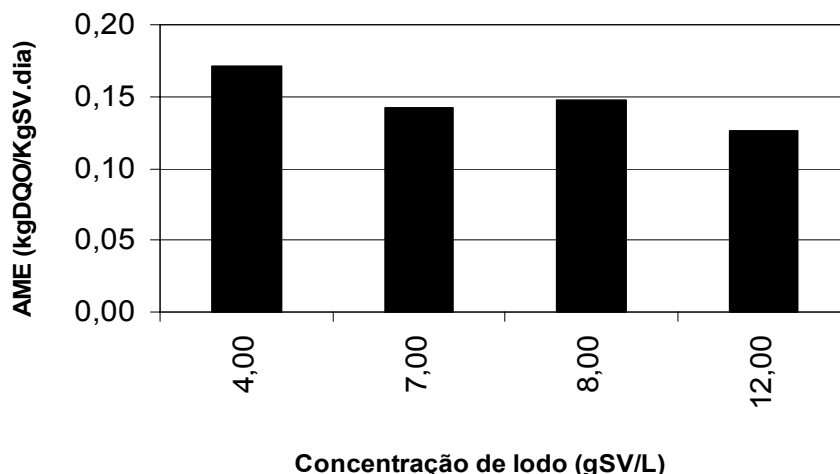


Figura 5 – Resultado das AME's quando submetidas a diversas concentrações de lodo.

A tendência natural do teste seria diminuirmos ainda mais a concentração de lodo nos frascos, mas por motivos relatados anteriormente, decidiu-se manter a concentração mínima apresentada no gráfico da Figura 5.

Apesar de o resultado da máxima AME obtida na concentração ideal de lodo (4,0gSV/L) ter sido inferior ao encontrado quando essa quantidade foi aleatória (8,2gSV/L), os valores estão bem próximos e, portanto, dentro da margem de erro do teste.

3.2. Comparação entre os resultados das máximas AME's obtidas durante os dois regimes de alimentação do reator UASB.

A figura 6 mostra a comparação dos resultados da AME entre as duas formas de alimentação. Os resultados obtidos quando o reator era alimentado com LCCV permite a comparação com o substrato glicose, pois no LCCV existe uma concentração elevada de açúcares, principalmente glicose.

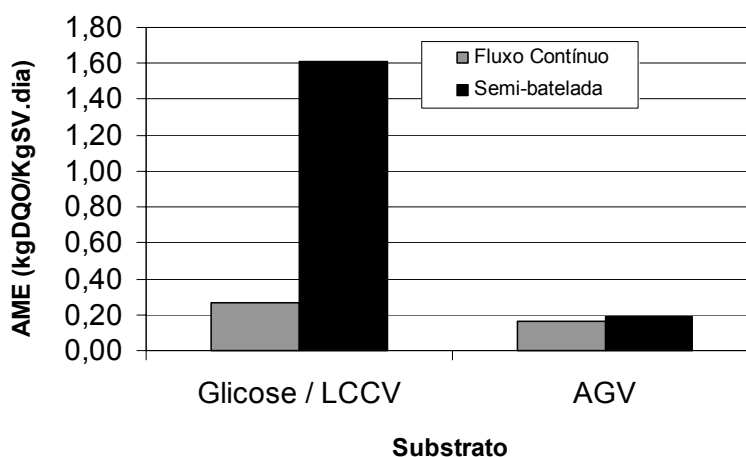


Figura 6 – Comparação entre os resultados das máximas AME's obtidas durante os dois regimes de alimentação do reator UASB.

Os resultados mostram que, quando os frascos-reactores possuíam a glicose como fonte de matéria orgânica, a AME aumentou cerca de seis vezes na fase em que o reator operou em regime de semi-batelada. Já nos testes utilizando a mistura de AGV como substrato houve um pequeno aumento da AME. Vários fatores podem ter contribuído para o que esse aumento ocorresse, entre eles estão a temperatura controlada, a agitação contínua, e a concentração de lodo e de substrato a que foram submetidos os testes atuais. Outro

aspecto a ser abordado é que, no sistema de semi-batelada, há uma seleção de um lodo mais denso e mais ativo, o que pode ter contribuído para um aumento da atividade bacteriana.

3. CONCLUSÕES

- O teste para a obtenção da máxima AME foi padronizado, adotando-se agitação constante a 120rpm, temperatura controlada a $35\pm 1^{\circ}\text{C}$, concentrações ideais de lodo e substrato, concentração suficiente de macro e micro nutrientes, tamponamento com bicarbonato de sódio (relação de $1\text{gCaCO}_3/\text{gDQO}$), manutenção de ambiente anaeróbio através de injeção de gás (mistura de 80% N_2 e 20% CO_2) no início do teste, .
- Ao utilizar a glicose como substrato, deve-se manter uma concentração de 10,0gDQO/L e 2,5gSV/L nos frascos para se obter a máxima AME. Ao utilizar a mistura de AGV's como substrato, deve-se manter uma concentração de 3,75gDQO/L e 4,0gSV/L nos frascos para se obter a máxima AME. Portanto, a glicose mostrou ser o substrato que atingiu um maior valor na AME.
- Os resultados mostraram um aumento da AME do lodo anaeróbio operando em regime de semi-batelada em relação aos testes realizados quando o reator UASB era alimentado em fluxo contínuo.

4. AGRADECIMENTOS

À Embrapa Agroindústria Tropical e ao CNPq/PIBIC pelo fomento à pesquisa e ao CEFET-CE.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, S. F., L.CHERNICHARO, C. A., FORESTI, E., SANTOS, M. D. L. F. D. E MONTEGGIA, U. O., Metodologias para determinação da Atividade Metanogênica Específica (AME) em Lodos Anaeróbios. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.12, n.2, p.192-201. 2007.
- ARAÚJO, A. M., Tratamento anaeróbio do Líquido da Casca do Coco Verde. Engenharia Civil – Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – 2008.
- BIRCH, R. et al. Screening of chemicals for anaerobic biodegradability. Chemosphere. v. 19, n. 10-11, p.1527-1550, 1989.
- BARKER, D. J.; STUCKEY, D. A review of soluble microbial products (SMP) in wastewater treatment systems. Water Research. v. 33, n. 14, p. 3063-3082, 1999.
- CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 5. 10ª ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte. 1997.
- FREITAS NETO, M. A., Tratamento Biológico Do Líquido Da Casca Do Coco Verde. Engenharia Civil - Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- LEITÃO, R. C. (2004). Robustness of UASB reactors treating sewage under tropical conditions. Tese de Doutorado. Wageningen University, Wageningen, Holanda. 168p.
- Monteggia, L. O. The Use of Specific Methanogenic Activity for Controlling Anaerobic Reactors. University of Newcastle Upon Tyne, Newcastle-England, 1991. 307 p.
- POERSCH, P. B.; KOETZ, P. R. Sistema de determinação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios. Agrociência. v. 4, n. 3, p. 161-165. 1998. (POERSCH & KOETZ, 1998)