

II-292 - USO DE COAGULANTE NATURAL (MORINGA OLEIFERA) NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO POR REATOR UASB**Mayara Leite Serejo⁽¹⁾**

Engenheira Ambiental pela UFMS. Mestranda em Tecnologias Ambientais na UFMS.

Adriana Ferreira Maluf Braga

Engenheira Ambiental pela UFMS. Mestre em Tecnologias Ambientais pela UFMS. Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental na USP.

Paula Loureiro Paulo

Engenheira Química. Doutora em Ciências Ambientais. Professora do DHT-UFMS.

Marc Árpád Boncz

Químico. Doutor em Ciências Ambientais. Pesquisador no PGTA-UFMS.

Endereço⁽¹⁾: Rua João Thomaz, 409 – Santo Antônio – Campo Grande – MS – CEP: 79100-350 – Brasil - Tel: +55 (67) 3364-0780 - e-mail: mayaraleiteserejo@hotmail.com**RESUMO**

Uma pesquisa foi desenvolvida, em escala de laboratório, com a finalidade de verificar a eficiência e estabilidade de um reator anaeróbio tipo UASB (0,9L), tratando esgoto sanitário com adição de extrato salino de sementes de *Moringa oleifera* (3,0 mg.L⁻¹), um coagulante natural. O efeito da adição deste extrato, durante 267 dias (1ª fase), foi comparado com uma sequência de 101 dias de digestão sem a adição do mesmo (2ª fase), ambos com TDH constante de 8 horas. Na 1ª fase, o TDH foi reduzido para 4 horas durante 30 horas para verificar a estabilidade do reator após o choque hidráulico. A remoção de DQO, SST e turbidez não demonstraram bons resultados, sendo inferior com o uso do coagulante. Entretanto, as remoções de coliformes totais (86%) e *Escherichia coli* (76%) foram melhores com a adição do coagulante. Após o choque hidráulico observou-se que o reator se recuperou, mantendo-se estável posteriormente.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto sanitário, digestão anaeróbia, coagulante, eficiência.**INTRODUÇÃO**

O homem utiliza recursos naturais para o suprimento de suas necessidades e atividades, gerando, muitas vezes, impactos sobre o meio ambiente. Dentre eles estão os impactos ambientais gerados pelo esgoto sanitário quando dispostos inadequadamente nos corpos d'água, como: contaminação da água, depleção do oxigênio, morte de organismos aquáticos, entre outros. Para minimizar os danos gerados pelo esgoto e adequá-los a legislação, é realizado o tratamento do mesmo.

Em reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket), os compostos orgânicos complexos do esgoto são convertidos em biogás (CH₄ e CO₂) ao passar pela camada de lodo biológico (Aisse, 2000; Foresti *et al.*, 1999). Estes tipos de reatores permitem o desenvolvimento de biomassa ativa, grânulos de alta densidade e alto tempo de retenção celular. Assim, o sistema funciona com altas cargas orgânicas volumétricas (COV) e com baixos tempos de detenção hidráulica (TDH). Sua eficiência é otimizada, principalmente, em países com temperaturas elevadas, como o Brasil, favorecendo sua implantação (Chernicharo, 2007). Entretanto, a velocidade ascensional e a carga hidráulica volumétrica (CHV) devem ser adequadas para não ocorrer perda de biomassa, contato ineficaz entre o lodo e o substrato, redução da idade do lodo ou curtos-circuitos hidráulicos, afetando a eficiência e estabilidade dos reatores (Chernicharo, 2007; Kato, 1999).

Em geral, entre 65 a 80% dos sólidos suspensos totais (SST) afluentes (partículas com diâmetros superiores a 1µm) ficam retidos nos reatores UASB, correspondendo a aproximadamente 35 e 70% dos sólidos totais (ST) e demanda química de oxigênio (DQO), respectivamente. Além disso, existem os sólidos sob forma coloidal, com partículas com diâmetros entre 10⁻³ a 1µm, que são mais difíceis de serem removidos (Von Sperling, 2005; Bhuptawat *et al.*, 2003). Para intensificar a permanência destes sólidos no reator, visando sua posterior digestão, utilizam-se mecanismos preliminares de coagulação-floculação.

Dentre os coagulantes químicos usuais, encontram-se o sulfato de alumínio e o cloreto férrico (Braga *et al.*, 2009). Contudo, alguns trabalhos desenvolvidos utilizam coagulantes naturais como auxiliar no tratamento de esgoto, como é o caso da solução de sementes de *Moringa oleifera*. A mesma é uma espécie da família Moringaceae, proveniente do nordeste indiano, que cresce em regiões tolerantes à seca e adapta-se a uma ampla diversidade de solos, motivo pelo qual ela é plenamente adaptada ao nordeste brasileiro. Suas sementes contêm um elevado teor de proteínas e lipídeos e possuem uma grande importância no estudo da clarificação da água por ser um coagulante natural, não tóxico ao ser humano e animais, e sua viabilidade ser maior do que os sais de alumínio (Gallão *et al.*, 2006; Paulo *et al.*, 2006).

Em uma pesquisa desenvolvida por Leitão (2004), 11 reatores UASB de 120 litros operando com esgoto sanitário, foram submetidos a três diferentes condições operacionais, sendo: TDH fixo (6 horas), porém, diferentes concentrações de DQO afluente; DQO fixa (cerca de $800 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$) e variação do TDH (1 a 6 horas); e na última condição variavam ambos, mantendo a COV em torno de $3,3 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$. Concluiu-se que a máxima eficiência de remoção de $\text{DQO}_{\text{total}}$ (64%) foi obtida com o TDH de 6 horas e DQO afluente próxima de 300 mg.L^{-1} e a mínima (14%) quando o TDH e a DQO afluente diminuíram para 1 hora e cerca de 136 mg.L^{-1} , respectivamente. Observou-se, ainda, que o TDH diminuindo de 6 para 1 hora, interfere diretamente na eficiência de remoção de DQO (que decaiu de 57 para 37%), e de SST (que diminuiu de 93 para 65%). Além disso, constatou-se uma interferência nas etapas de hidrólise, acidogênese e metanogênese, diminuindo seu potencial a baixos TDH.

Francisqueto (2007) estudou o desempenho de 3 reatores-piloto de 47,6 litros, cujo afluente era esgoto sanitário ($452 \pm 185 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$), em três condições operacionais distintas, com a finalidade de simular as variações de vazão que ocorrem nas ETEs. Primeiro, os reatores operaram com TDH fixo (8 horas), onde os resultados apresentaram uma eficiência média de 61 e 60% para DQO e SST, respectivamente. A segunda fase operou com TDH fixo (8 horas), porém, com picos de vazão (de até 3 vezes a vazão média) em dois reatores. Observou-se que os mesmos não afetaram significativamente o desempenho do reator, quanto à eficiência de DQO (45%) e SST (49%). Na última fase, os reatores, que operaram com TDH de 6 horas, passaram por picos de vazão também, entretanto, sua eficiência diminuiu drasticamente, tanto na DQO (28%), como nos SST (13%).

Por meio de um estudo desenvolvido por Okuda *et al.* (1999), com o intuito de extrair o composto ativo da *Moringa oleifera* para aperfeiçoar o poder de coagulação das mesmas, através da adição da solução de NaCl ($1,0 \text{ mol.L}^{-1}$), constatou-se que, para uma solução de caulim com turbidez inicial de 50 UNT, a solução salina de *Moringa oleifera* (16 mL.L^{-1}) obteve uma eficiência de coagulação de 7,4 vezes a da solução aquosa de *Moringa oleifera* (32 mL.L^{-1}), obtendo-se uma turbidez residual de 1,6 UNT e 11,8 UNT, respectivamente.

Em ensaios de jar-test realizados, utilizando extrato salino de *Moringa oleifera* (50 mg.L^{-1}), obteve-se uma eficiência de cerca de 64% na remoção de turbidez para água turva sintética, no caso, a solução de caulim, que apresentava uma turbidez inicial de aproximadamente 107 UNT. Nos testes que foram realizados com esgoto sanitário, nas mesmas condições de turbidez descritas acima, alcançou-se uma remoção de aproximadamente 75%. Porém, esta mesma remoção foi alcançada nos testes com soluções controles (sem adição de moringa), sugerindo que o único mecanismo envolvido foi a sedimentação. Nos testes com concentrações mais baixas de extrato salino de *Moringa oleifera*, entre 1 e 15 mg.L^{-1} , melhores resultados foram obtidos (Paulo *et al.*, 2006). Em um estudo desenvolvido por Braga *et al.* (2009), em escala de laboratório, o esgoto sanitário foi tratado por um reator UASB (0,9 L), em batelada, com o auxílio de coagulantes como: extrato salino (NaCl 1,0 M) de *Moringa oleifera* (3 mg.L^{-1}) e associação do extrato salino de *Moringa oleifera* (3 mg.L^{-1}) com cloreto férrico (40 mg.L^{-1}). Constatou-se uma melhor remoção de DQO particulada de cerca de 23% e um acréscimo na velocidade de degradação da DQO bruta de aproximadamente 1,6 vezes, ao utilizar somente o extrato salino de *Moringa oleifera*. Porém, associando-se os dois coagulantes, verificou-se uma remoção acima de 80% nos parâmetros físico-químicos e na AME do lodo.

Baseando-se nesses resultados e visando avaliar a operação do reator em operação contínua, o objetivo desse trabalho foi estudar a influência da adição da solução salina de *Moringa oleifera* no tratamento de esgoto sanitário por reator UASB.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consiste de 2 partes distintas: a preparação do extrato das sementes de *Moringa oleifera* e a aplicação deste extrato ao esgoto sanitário, antes do seu tratamento em um reator UASB de pequena escala.

Preparação do extrato salino de *Moringa oleifera*

As sementes de *Moringa oleifera* foram removidas das vagens após serem coletadas de uma árvore situada em Campo Grande-MS, em março de 2004. Posteriormente as cascas foram retiradas e as sementes trituradas em um almofariz de porcelana. Para a preparação da extrato salino de *Moringa oleifera* (25 g.L^{-1}) foram acrescentados 2,5 g do triturado a 100 mL de solução de cloreto de sódio (1,0 M) e a mistura foi agitada por 30 minutos em um agitador magnético. A solução resultante foi filtrada primeiramente em um filtro de papel Whatman nº 42, seguida de uma membrana $0,45 \mu\text{m}$, de acordo com N'Dabigengesere *et al.* (1995).

Aplicação do extrato salino de *Moringa oleifera* em um experimento contínuo

O experimento foi realizado em escala de laboratório, utilizando-se um reator UASB com capacidade de 0,9 L, que foi disposto em uma incubadora com temperatura controlada entre 30-35 °C. O esgoto sanitário procedeu-se da calha Parshall da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Salgado Filho, localizada em Campo Grande-MS. Após a coleta, em galões de 20 L, o mesmo foi pré-decantado por 1 hora, no próprio galão, para evitar o entupimento da bomba, sendo que, amostras foram retiradas e analisadas em seguida.

Antes de iniciar o experimento, o reator foi inoculado com 300 g de lodo mesofílico (24,3 g Sólidos Voláteis Totais - SVT) procedente do reator UASB da ETE Salgado Filho. A parte inferior do mesmo foi completada com bolas de gude para evitar o desenvolvimento de caminhos preferenciais no leito de lodo do reator e zonas mortas.

A operação do reator decorreu-se durante 368 dias em um sistema contínuo, sem recirculação. O esgoto, armazenado em uma geladeira (temperatura média de 7°C), era bombeado através de uma bomba peristáltica (Dosamini 500, Provitec, Brasil).

Para observar o desempenho do reator em diferentes condições, o teste foi dividido em duas fases distintas:

Primeira fase (267 dias): foi adicionada o extrato salino de *Moringa oleifera* ao esgoto pré-decantado, de modo que a concentração da solução final fosse de 3 mg.L^{-1} , conforme estabelecido em testes de jarros realizados anteriormente. Antes do afluente entrar no reator, o mesmo passou por um sistema de coagulação composto por um agitador magnético (Mod. Q241, Quimis, Brasil), com rotação de 310 rpm por 2 minutos. Foi mantido no sistema um TDH médio de 8 horas, com velocidade aproximada de $1,8 \text{ mL.min}^{-1}$.

Ainda nesta fase, foi realizado, durante um período de 30 horas, um procedimento, onde o TDH foi diminuído para 4 horas para avaliar o comportamento do sistema frente a choque hidráulico. Este período ocorreu entre o dia 192 (às 10:00) e o dia 193 (às 16:00).

Segunda fase (101 dias): após o término da primeira fase, o esgoto pré-decantado foi inserido no reator sem a adição do extrato salino de *Moringa oleifera*. O TDH de 8 horas foi mantido.

Amostras do afluente e efluente foram coletadas e os parâmetros analisados foram: coliformes totais, E. coli, turbidez, pH, condutividade, demanda química de oxigênio (DQO), total e filtrada, e SST. Os dois primeiros parâmetros foram analisados segundo a técnica descrita por Colilert® e os demais de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficiência do reator

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos analisados encontram-se na Tabela 1, para a 1ª fase do experimento e, na Tabela 2, para a 2ª fase.

Tabela 1: Características físico-químicas e biológicas médias da 1ª fase

Parâmetro	Afluente (Média ± D.P.)	Efluente (Média ± D.P.)	Remoção (%)
Condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	634 ± 68	664 ± 77	-
pH	7,33 ± 0,15	7,68 ± 0,20	-
Turbidez (NTU)	145 ± 127	16 ± 10	86
Sólidos Suspensos Totais ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10 ± 72	17 ± 8	85
Coliformes Totais (NMP.100mL ⁻¹)	$6,0 \times 10^7 \pm 4,7 \times 10^7$	$7,6 \times 10^6 \pm 6,7 \times 10^6$	86
<i>E. coli</i> (NMP.100mL ⁻¹)	$1,2 \times 10^7 \pm 7,4 \times 10^6$	$2,6 \times 10^6 \pm 2,3 \times 10^6$	76
DQO Total ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)	409 ± 219	88 ± 35	73
DQO Filtrada ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)	160 ± 48	58 ± 17	62
DQO Particulada ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)	264 ± 225	33 ± 20	82

Não foram verificadas mudanças expressivas de pH entre o afluente e efluente na 1ª fase e 2ª fase, assim como nos valores de condutividades encontrados, não havendo remoção. Observa-se, também, que os valores de condutividade na 1ª fase são superiores à 2ª fase devido à adição do extrato salino de moringa.

Na 1ª fase, constatou-se que a eficiência média de remoção de DQO total, filtrada e particulada foram de 73, 62 e 82%, respectivamente, significando uma remoção média de 321, 102 e 231 $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ (Figura 1). No entanto, as eficiências médias aumentaram cerca de 16, 11 e 11%, respectivamente, na fase em que não se utilizou a moringa. Portanto, não foram observadas atuações expressivas da moringa na remoção de DQO, tanto no total aplicado, como na parcela filtrada e particulada, sendo, este último, representado, principalmente, pelo material em suspensão.

Tabela 2: Características físico-químicas e biológicas médias da 2ª fase

Parâmetros	Afluente (Média ± D.P.)	Efluente (Média ± D.P.)	Remoção (%)
Condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	575 ± 30	595 ± 24	-
pH	7,30 ± 0,30	7,73 ± 0,13	-
Turbidez (NTU)	288 ± 240	18 ± 10	91
Sólidos Suspensos Totais ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	335 ± 149	17 ± 7	90
Coliformes Totais (NMP.100mL ⁻¹)	$5,4 \times 10^7 \pm 2,4 \times 10^7$	$1,2 \times 10^7 \pm 9,7 \times 10^6$	77
<i>E. coli</i> (NMP.100mL ⁻¹)	$7,0 \times 10^6 \pm 8,9 \times 10^5$	$3,7 \times 10^6 \pm 3,2 \times 10^6$	49
DQO Total ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	525 ± 255	77 ± 20	85
DQO Filtrada ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	152 ± 38	51 ± 19	69
DQO Particulada ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	373 ± 234	26 ± 10	91

A eficiência de remoção de DQO total, filtrada e particulada foi inferior às encontradas por Braga *et al.* (2009), onde as eficiências médias foram de aproximadamente 80, 78 e 89%, respectivamente, aplicando-se o coagulante. Já sem o uso do extrato de moringa, o presente estudo obteve melhores resultados para a parcela total e particulada, que apresentou valores de 77 e 65%, respectivamente.

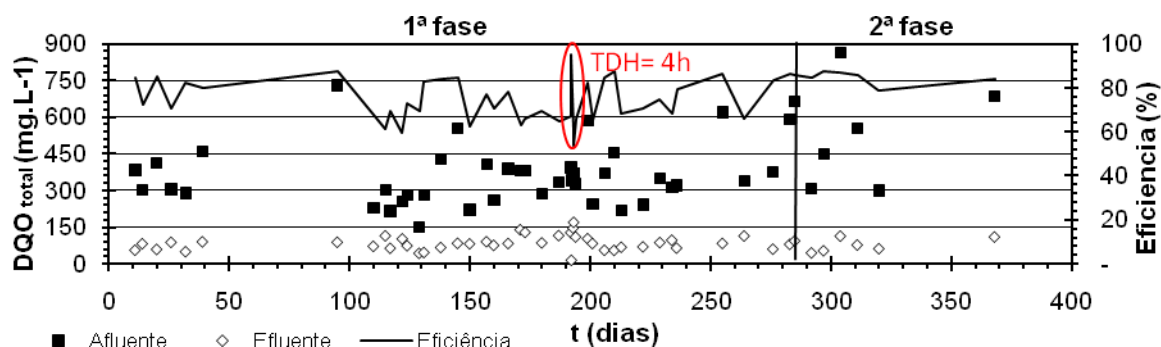


Figura 1: Eficiência de remoção de DQO total

Observou-se, também, que a eficiência de remoção de DQO do sistema aumentou ao se elevar a quantidade de substrato no meio (Figura 2). Segundo Von Sperling (1996), aumentando-se as concentrações de substrato, a atividade bacteriana aumenta, assim como a taxa de remoção de substrato. Ambas as eficiências médias de DQO_{total} (1ª e 2ª fases) estão acima das remoções típicas encontradas em reatores UASB, cujos valores encontram-se entre 55 e 70% (Von Sperling, 2005).

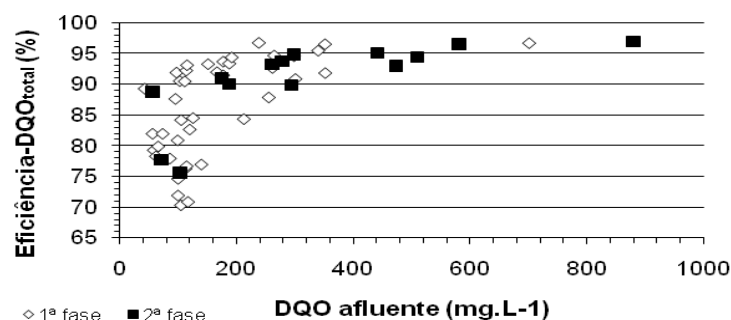


Figura 2: Eficiência de remoção de DQO total em relação à DQO afluente

No experimento com choque de carga verifica-se que, durante as primeiras 6 horas, o reator aumentou sua eficiência na ordem de 1,4 vezes, com remoção de 95%, conforme a Tabela 3. Isto pode ter ocorrido pelo fato dos microrganismos, presentes no leito e manta de lodo, ter contato mais intenso com o substrato afluente, devido ao maior fluxo ascensional, degradando-o com mais eficiência (Chernicharo, 2007).

Tabela 3: Eficiência de remoção de DQO total (TDH - 4 horas)

Dia	Tempo (horas)	DQO Afluente (mgO ₂ .L ⁻¹)	DQO Efluente (mgO ₂ .L ⁻¹)	DQO Removida (mgO ₂ .L ⁻¹)	Remoção (%)
192,0	0	394	129	265	67
192,25	6	342	17	325	95
193,0	24	369	148	221	60
193,25	30	369	171	198	54

Entretanto, de 6 a 30 horas, o mesmo começa a sentir a influência do aumento de carga orgânica volumétrica e hidráulica, diminuindo sua eficiência, podendo ter sido retirado do sistema parte da biomassa junto com o efluente. Esta redução da eficiência também foi constatada na pesquisa de Leitão (2004), onde a remoção diminuiu cerca de 35% quando o TDH foi reduzido de 6 para 1 hora. Todavia, Francisqueto (2007) aponta que um reator, tratando somente esgoto sanitário, apresentou uma excelente adaptação ao reduzir o TDH de 8 para 6 horas, diminuindo sua eficiência somente quando foi triplicada a vazão afluente.

Após o término de 30 horas, com o TDH retornando a 8 horas, verifica-se que o reator se restabelece do choque hidráulico e aumenta seu desempenho para 66%, bem como a DQO removida (216 mgO₂.L⁻¹). Deste modo, conclui-se que, possivelmente, a moringa colaborou na estabilidade do reator após o choque, pois o mesmo se recuperou rapidamente. Entretanto, esse mesmo choque deveria ter sido realizado na 2ª fase para confirmação.

A partir da Figura 3, notou-se que aproximadamente 114 mg.L⁻¹ de SST foram removidos na 1ª fase, com uma porcentagem média de remoção de 85% e um limite de até 97%. Porém, na 2ª fase, a remoção absoluta foi cerca de 2,4 vezes maior, com uma eficiência média 90%. Em geral, o uso da moringa não se mostrou eficaz na remoção de SST, entretanto, ambas as eficiências médias são superiores às típicas de reatores UASB, cujo valor varia de 65 a 80%, segundo Von Sperling (2005).

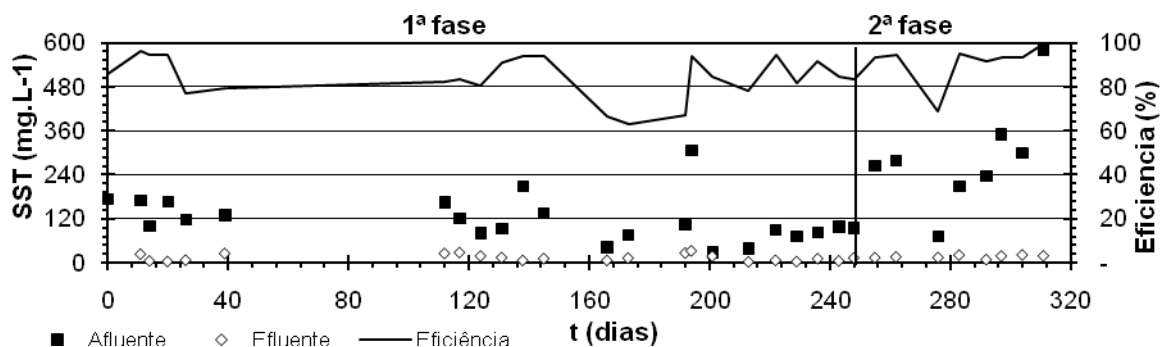


Figura 3: Eficiência de remoção de SST

Na 1ª fase, observa-se uma remoção média de turbidez de 86%, com picos de até 97% (Figura 4). Esta remoção foi cerca de 48% superior à remoção encontrada por Braga *et al.* (2009), cuja percentagem foi de 58%, com somente 53 UNT removidos. Contudo, após a retirada do coagulante, a eficiência do sistema aumentou para 91%, assim como ocorreu no estudo realizado pelo autor (65%).

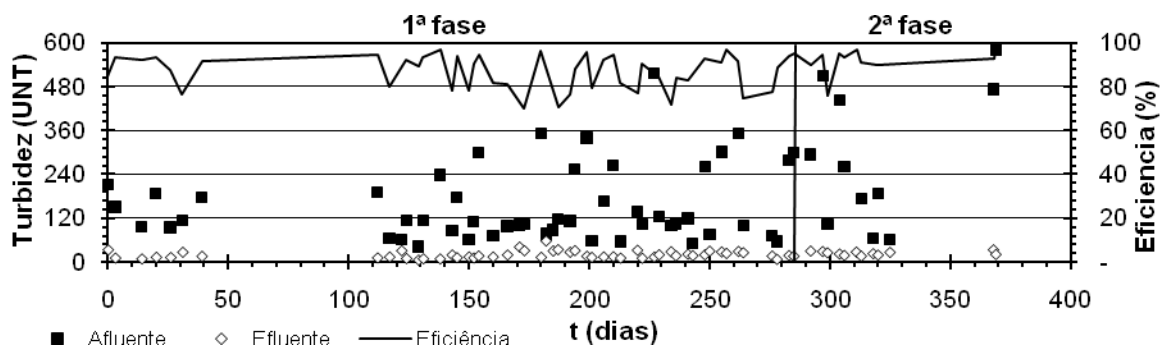


Figura 4: Eficiência de remoção de turbidez

A remoção de coliformes totais (Figura 5), da 1ª fase, se encontra em torno de 86% ($0,95 \pm 0,24 \log_{10}$) e a de *E. coli* em 76% ($0,84 \pm 0,46 \log_{10}$). Após a retirada do extrato salino de *Moringa oleifera* do sistema, a eficiência do mesmo diminui cerca 19% ($0,74 \pm 0,38 \log_{10}$) e 64% ($0,40 \pm 0,36 \log_{10}$) nos parâmetros de coliformes totais e *E. coli* (Figura 6), respectivamente, mostrando que o coagulante auxiliou na sua remoção.

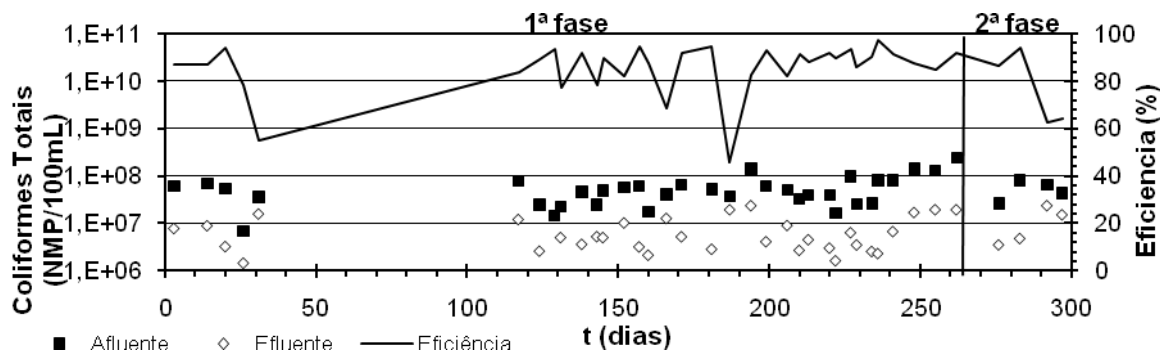
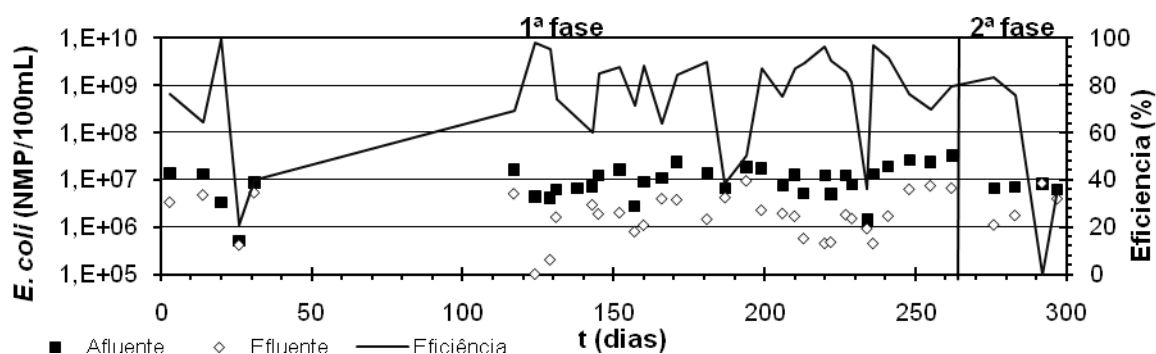


Figura 6: Eficiência de remoção de coliformes totais

Segundo Oliveira & Von Sperling (2005), os valores típicos de remoção de coliformes, para reatores UASB, variam de 0,5 (68%) a 1,0 (90%) unidade logarítmica, então, mesmo a eficiência na 1ª fase ter se mostrado superior à 2ª fase, ela se encontra abaixo dos valores encontrados na literatura. Com a adição de moringa esperava-se encontrar valores acima dos típicos e próximos aos encontrados por Braga *et al.* (2009), sendo 96% para coliformes totais e 94% para *E. coli*.

Figura 7: Eficiência de remoção de *E. coli*

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições testadas para o extrato salino de *Moringa oleifera* em relação à DQO total, particulada e filtrada, não foram o almejado, considerando o seu potencial coagulante descrito nas bibliografias. Observou-se, também, que, para estes mesmos parâmetros, a eficiência do sistema aumentava à medida que o afluente aumentava, podendo atribuir tal aspecto ao poder de retenção do reator.

Quanto à remoção dos coliformes totais e da *E. coli*, ambos tiveram remoções superior sem a dosagem do coagulante, entretanto, estão abaixo dos valores de referência para reatores UASB.

Assim, em contrapartida ao que foi constatado por Braga *et al.*, o extrato de moringa não demonstrou na melhora na performance de reatores UASB tratando esgoto doméstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M. M. Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2000.
2. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. Ed. Washington DC: American Public Health Association, 2005.
3. BRAGA, A. F. M.; SEREJO, M. L.; AQUINO, V. B.; BONCZ, M. A.; PAULO, P. L. Tratamento de esgoto doméstico por reator UASB precedido de unidade de coagulação utilizando *Moringa oleifera*. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Recife. Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
4. CHERNICHARO, C. A. de L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores Anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.
5. FRANCISQUETO, L. de O. F.; BORGES, R. M.; GONÇALVES, R. F. desempenho de reatores UASB tratando esgoto sanitário sob fortes variações de carga hidráulica. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Belo Horizonte. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2007.
6. FORESTI, E. *et al.* Fundamentos do tratamento anaeróbio, In: CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p.29-52.
7. FREITAS, M. B. Tratamento de Água para Consumo Humano. Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental. Rio de Janeiro: FIOCRUZ/ENSP, Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, 2001.
8. KATO, M. T. *et al.* Configurações de Reatores Anaeróbios, In: CAMPOS, J.R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. p.53-99.
9. LEITÃO, R. C. Robustness of UASB Reactors Treating Sewage under Tropical Conditions. Netherlands: Thesis Wageningen University, 2004.
10. N'DABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. Water Res, v. 29, n.2, p.703-710, 1995.
11. OKUDA, T., BACS, A. U., NISHIJIMA, W., and OKADA, M. Improvement of extraction method of

- coagulation active components from Moringa oleifera seed. Water Res, v. 33, p. 3373-3378, 1999.
12. OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias (Parte 1 - análise de desempenho). Rio de Janeiro: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.10, n°4, 2005.
 13. PAULO, P. L.; AQUINO, V. B.; BONCZ, M. A.; RIBEIRO, M. L.; IDE, C. N. Estudos preliminares no uso do extrato aquoso de moringa oleifera como coagulante para o pós-tratamento de esgoto doméstico tratado em reator UASB. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., 2006. Resumos. Fortaleza: ABES, 2006.
 14. RAMOS, R. O. Clarificação de água com turbidez baixa e cor moderada utilizando sementes de Moringa oleifera. Campinas, 2005.
 15. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Princípios Básicos do Tratamento de Esgoto. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.
 16. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à Qualidades das Águas e ao Tratamento de Esgoto. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.