

ESTUDO EXPERIMENTAL DE TECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS APLICÁVEL À ZONA RURAL BRASILEIRA

Herlane Costa Calheiros¹, Rodrigo Braz Carneiro² e Luciano José da Silva³

Resumo: Os sistemas de tratamento de esgotos compostos por reator anaeróbio compartimentado são considerados promissores para a zona rural brasileira ou localidades não atendidas por rede coletora de esgotos por apresentar configuração simples e fácil operação. Nesta pesquisa foi desenvolvido um sistema de tratamento composto de reator anaeróbio compartimentado seguido de decantador. Como pós-tratamento biofísico do esgoto, estudou-se o cultivo da camomila. Também, foi realizado ensaio jar-test com cloreto férrico como uma alternativa de pós-tratamento físico-químico do efluente anaeróbio. Durante o monitoramento do sistema, que durou aproximadamente cinco meses, o reator anaeróbio atingiu eficiência máxima de remoção de DQO e de turbidez, de 68,4% e 96,3%, respectivamente. Verificou-se que o reator apresentou boas condições de tamponamento, mantendo o pH por volta do neutro ($7,34 \pm 0,17$), apesar de ter ocorrido uma diminuição da alcalinidade ao longo do tempo. O desenvolvimento da planta ornamental cultivada com o esgoto tratado foi melhor (tanto em tamanho quanto em aparência) que a planta controle, que foi cultivada em solução nutritiva. O monitoramento do efluente do cultivo mostrou diminuição de teor de nitrato, do valor da condutividade e do número de bactérias heterotróficas. Observou-se que a concentração do coagulante usado no ensaio jar-test que resultou em melhor grau de tratabilidade foi de 50 mg.L^{-1} .

Palavras-Chave: Reator anaeróbio compartimentado. *Chamomilla recutita* L. Precipitação química.

1 Introdução

A digestão anaeróbia é um processo biológico no qual um consórcio de diferentes tipos de microrganismos, na ausência de oxigênio molecular, promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como metano e gás carbônico (CAMPOS, 1999).

O reator anaeróbio compartimentado (RAC) de fluxo horizontal constitui-se de um tanque de diversas câmaras, dispostas em série, cada qual separada por divisórias verticais. Estas paredes forçam o fluxo do despejo afluente a atravessar regiões de elevada concentração de biomassa ativa no sentido ascendente e descendente. Não apresenta, em geral, dispositivo interno de separação de sólidos e gases, podendo ser fechado ou totalmente aberto e ser construído enterrado, uma vez que requer menores profundidades. Em termos de processo, de acordo com Campos (1999), o reator compartimentado se caracteriza por

oferecer a possibilidade de separar algumas fases da digestão anaeróbia, que termodinamicamente favorece a formação de metano, eliminando na forma de gás, e o hidrogênio na primeira ou nas primeiras câmaras. O hidrogênio pode impedir a rápida degradação de ácido propiônico, que é uma etapa precursora do ácido acético e, conseqüentemente, inibir a metanogênese.

Barber e Stuckey (1999) citam algumas vantagens do RAC, melhor resistência e estabilidade a cargas de choque orgânicas e hidráulicas; maior tempo de retenção da biomassa; menor produção de lodo; habilidade de fazer separação parcial entre as várias fases do catabolismo anaeróbio; configuração simples, devido à ausência de dispositivos especiais de separação de gás ou de lodo; não possuir peças móveis; não necessitar de mistura mecânica; ser barato para construir; possuir reduzidos riscos de entupimento; baixo custo operacional e possibilidade de operação intermitente.

¹ E-mail: profaherlane@yahoo.com.br; h2c@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Instituto De Recursos Naturais – IRN. Grupo De Estudos Em Saneamento – GES. Av. BPS, 1303 – Bairro Pinheirinho – CEP 37500-903, Itajubá, MG – Brasil.

² E-mail: rodrigobrazcarneiro@yahoo.com.br

³ E-mail: luck_ljs@yahoo.com.br

Apesar das vantagens do tratamento anaeróbio, existem desvantagens como, possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis; a partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de semente adaptado; as bactérias anaeróbias são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos; alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária; a remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos é insatisfatória. Mas os processos aeróbios compactos, à custa de mecanização e energia elétrica, geralmente também não são eficientes na remoção de patogênicos e eutrofizantes, e o que podem propiciar a mais na remoção de matéria orgânica, não representa diferenças significativas na proteção do meio ambiente e da saúde pública (CAMPOS, 1999).

Segundo Campos (1999), com tempo de detenção hidráulica superior a 12 horas, o RAC requer volumes razoáveis, sendo indicado para vazões menores. O RAC por apresentar menor profundidade, em unidades de maior porte, pode levar a uma excessiva perda de sólidos, caso sejam verificadas grandes variações e picos excessivos da vazão afluente, uma vez que o sistema está desprovido de mecanismos auxiliares de retenção de biomassa. Como a concentração de matéria orgânica diminui de uma câmara para outra, a quantidade de biomassa é, em geral, decrescente sequencialmente. Portanto, Campos (1999) recomenda a incorporação de um melhor sistema de distribuição do afluente e de um separador de sólidos na última câmara para se obter um melhor desempenho operacional.

Verifica-se por meio de pesquisas realizadas por Povinelli (1994), Aisse et al. (2000), Langenhoff et al. (2000), Calheiros et al. (2009), Feng et al. (2009) e Peng e Han (2009) que a remoção de matéria orgânica em RAC, dependendo da temperatura, do número de câmaras do reator, do tempo de detenção e das características do esgoto, pode variar de 40 a 90%.

Para melhorar a qualidade do efluente dos reatores anaeróbios, algumas configurações de pós-tratamento podem ser empregadas, incluindo os processos físico-químicos. Segundo Santos (2006), as características mais vantajosas dos sistemas físico-químicos relacionam-se à capacidade de remoção complementar de certos constituintes do esgoto que não são removidos eficientemente em reatores anaeróbios, obtendo-se um efluente final de

boa qualidade a um custo global menor do que o de sistemas convencionais. Além disso, as unidades de tratamento físico-químico necessitam de pouca área, principalmente quando empregadas no pós-tratamento de reatores anaeróbios.

O cultivo de plantas em meio líquido (hidroponia), usando esgoto tratado como solução nutritiva, tem sido estudado por vários pesquisadores como relatam Andrade Neto et al. (2003). Abujamra et al. (2005) demonstram o potencial do uso de esgoto tratado no cultivo de plantas, proporcionando remoção complementar de sólidos suspensos maior que 50%, nitrogênio amoniacal de 40 a 60% e fósforo de 37 a 55%, contribuindo para a redução do impacto poluidor do efluente quando lançado no ambiente. Os autores relataram que as concentrações de alguns nutrientes podem eventualmente permanecer iguais as iniciais, ou mesmo aumentar, quando da circulação dos efluentes no sistema hidropônico, tal como ocorreu nesta pesquisa com potássio, cálcio, magnésio e enxofre, que utiliza o esgoto tratado. Os autores explicam que, isto se deve a evaporação e a evapotranspiração que concentram a solução, mas que é mais notável quando há inibição competitiva ou antagonismo de alguns nutrientes devido suas concentrações não estarem balanceadas, o que faz interromper o consumo de alguns deles. Contudo, eles acreditam que sempre ocorre remoção das quantidades totais desses nutrientes nos efluentes.

Os processos vitais que ocorrem no sistema radicular da planta como a absorção de água e a de nutrientes, envolvem gasto de energia produzida a partir da respiração radicular, que por sua vez, depende do oxigênio dissolvido (MARTINEZ, 1999). Quando a solução apresenta baixos níveis de oxigênio, ocorre a morte dos meristemas radiculares, pequena ramificação das raízes e baixa absorção dos nutrientes; em consequência, a planta cresce lentamente, ocorre o alongamento do seu ciclo e redução da produção.

Com exceção dos elementos carbono, hidrogênio e oxigênio, que as plantas obtêm da atmosfera e da água, os demais nutrientes minerais são absorvidos da solução de nutrientes pelas raízes. Assim, para se obter um crescimento normal das plantas, todos os nutrientes devem estar presentes na solução nutritiva em quantidades e proporções adequadas para atender a exigência da planta, em todas as fases do seu ciclo (FAQUIN et al., 1996).

De acordo com Ramos et al. (2004), estudos sobre aspectos agronômicos da camomila no Brasil são muito escassos, apesar de ele se apresentar como alternativa para rotação de culturas típicas de inverno e como fonte de renda para os proprietários de pequenas áreas.

Por meio deste trabalho avaliou-se experimentalmente o comportamento de um sistema de tratamento de esgotos sanitários composto de reator anaeróbio compartimentado seguido de decantador e dois tipos de pós-tratamento, a saber, precipitação química com cloreto férrico e cultivo da camomila.

A camomila foi escolhida por ser uma planta ornamental que possui várias aplicações na indústria e por ter ciclo de vida curto. Segundo Brandão et al. (1998) a *Chamomilla recutita* L. é uma das poucas plantas medicinais cujos constituintes químicos foram exaustivamente avaliados farmacologicamente, inclusive em testes clínicos. Destaca-se como uma planta de uso medicinal cujas propriedades farmacológicas

se assentam na ação anti-inflamatória e adstringente. É amplamente utilizada na indústria de medicamentos, cosméticos e alimentos. De acordo com sua composição e atividade farmacológica a mesma pode ser utilizada na forma de infusão (chá), e quando feita a extração do seu óleo essencial este pode ser incorporado em produtos industrializados. Outro uso bastante freqüente na tecnologia farmacêutica é a extração alcoólica (tintura) que pode compor inúmeras fórmulas farmacêuticas. Os capítulos florais secos são as partes mais comercializadas e rentáveis da planta (SOUSA et al., 1991).

2 Materiais e métodos

A água residuária estudada passou por tratamento em reator anaeróbio compartimentado e, depois, foi submetida a dois tipos distintos de pós-tratamento: (a) usando cloreto férrico e (b) por meio do cultivo de camomila (Figura 1).

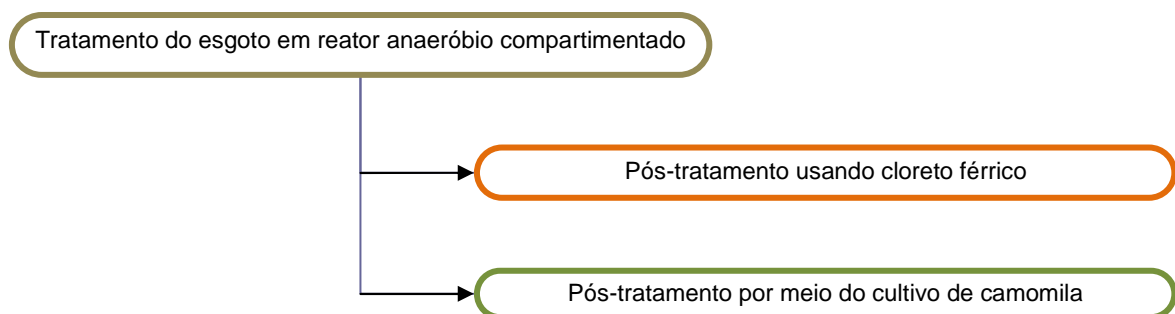


Figura 1- Seqüência dos experimentos.

2.1 Reator anaeróbio compartimentado

A unidade experimental foi instalada no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Itajubá. Primeiramente, foi montado um reator anaeróbio compartimentado com três compartimentos com os seguintes volumes úteis seqüenciais, 4,01, 3,96 e 9,21 litros. Para isso, escolheram-se três recipientes plásticos (Figura 2a). O recipiente 2 recebeu oito furos de 2,6 cm na sua parte inferior, para forçar o fluxo do esgoto por estes furos, fazendo-o entrar em contato com a biomassa ali presente. Para uma coleta homogênea do efluente tratado foi montada uma mangueira perfurada na sua parte superior, conectada com um tubo de saída (Figura 2b). Na Figura

2c encontra-se um desenho tridimensional do reator montado para melhor entendimento de sua configuração.

2.2 Inoculação e partida do reator anaeróbio compartimentado

Para permitir uma rápida partida do reator, foi utilizado inóculo obtido de um reator anaeróbio do tipo manta de lodo que trata águas residuárias provenientes de um abatedouro de gado localizado na cidade de Itajubá. Foi colocado no reator por volta de 4 litros de lodo, o que corresponde a um terço do volume útil do reator. Em seguida, colocou-se esgoto e deixou-se o sistema em repouso por um período de 24 horas para

que ocorresse sua adaptação gradual à temperatura ambiente e para que o esgoto se adaptasse ao lodo. A Tabela 1 trás as

características do esgoto afluyente ao reator e o lodo inoculado.

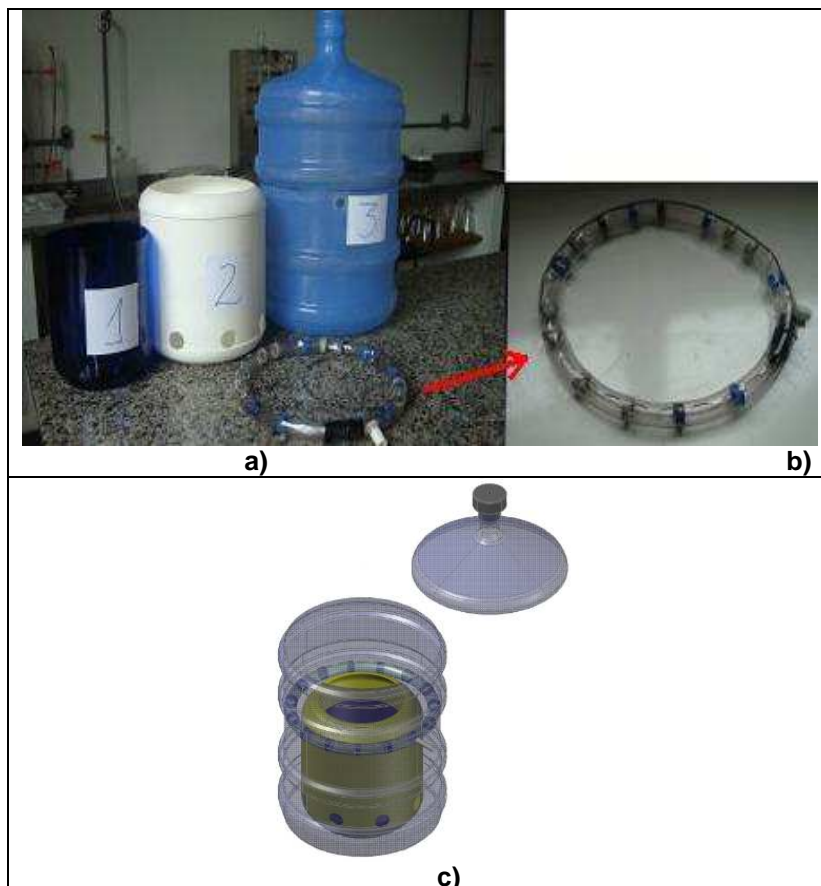


Figura 2 – a) Recipientes usados no RAC, b) detalhe dos furos na mangueira de coleta e c) desenho tridimensional do RAC montado.

Tabela 1 - Caracterização físico-química do lodo inoculado no RAC e do esgoto bruto.

| Parâmetro | Lodo | Esgoto bruto |
|--|------------------|--------------|
| Temperatura (°C) | 24,5 ± 0,1 | 24,0 ± 0,1 |
| pH (a 25°C) | 6,92 ± 0,03 | 7,14 ± 0,01 |
| Alcalinidade (mgCaCO ₃ .L ⁻¹) | 2080,0 ± 170,9 | 60,7 ± 3,1 |
| DQO (mgO ₂ /L) | 15.144 ± 1.393 | 81,0 ± 19,5 |
| ST (mg.L ⁻¹) | 11.472,0 ± 543,1 | 172,0 ± 28,3 |
| STF (mg.L ⁻¹) | 3.633,0 ± 168,3 | 92,0 ± 36,8 |
| STV (mg.L ⁻¹) | 7.839,0 ± 374,8 | 80,0 ± 8,5 |
| Turbidez (UNT) | 24.000 ± 200 | 36,7 ± 0,2 |
| OD (mgO ₂ .L ⁻¹) | 3,24 ± 0,02 | 0,10 ± 0,02 |

Obs.: valor médio ± desvio padrão

Após o período de 24 horas, iniciou-se a alimentação do reator. O esgoto usado para alimentar o RAC foi esgoto doméstico coletado diretamente da rede coletora de esgotos sanitários do bairro Medicina da cidade de Itajubá, no sul de Minas Gerais. A

alimentação foi feita de forma aberta (sem recirculação) e contínua.

Para realizar a alimentação do esgoto afluyente ao reator foi utilizada uma bomba dosadora peristáltica (marca MILAN, modelo BP-600). A partida do reator foi iniciada com uma vazão mínima de 0,25L.h⁻¹.

Após 57 dias de monitoramento do reator, atingiu-se uma eficiência de aproximadamente 49% em termos de remoção de DQO e, desta forma, a vazão foi aumentada para $0,5 \text{ L.h}^{-1}$, que é a vazão de projeto.

2.3 Parâmetros analisados

Ao longo da operação do reator foi feito seu monitoramento quanto a alguns parâmetros físico-químicos, temperatura, pH, alcalinidade, demanda química de oxigênio (DQO), teor de sólidos, turbidez e oxigênio dissolvido (OD). Todas as análises foram efetuadas no Laboratório de Saneamento da UNIFEI. O pH foi obtido com pHmetro digital Digimed, DM-20. A temperatura foi medida com termômetro analógico INCOTERM L-176/05. A alcalinidade foi obtida pelo método titulométrico com o auxílio de agitador magnético Fisatom, Mod. 753. A DQO foi determinada usando-se digestor de DQO Biothec, BT 750/25 e espectrofotômetro HACH, DR/2010. O OD foi obtido utilizando oxímetro SCHOTT, Handylab OX 1/SET. A turbidez foi obtida com turbidímetro Policontrol, AP-2000 iR. O teor de sólidos foi determinado com o auxílio de estufa Biopar, S150SA; mufla Fornitec, Mod. 3058; e bomba de vácuo DCM, Mod. DCM-1. Para os sólidos sedimentáveis, utilizou-se um cone Imhoff ONDA de 1 litro. Os métodos analíticos empregados são os descritos em *Standard Methods of the Examination of*

Water and Wastewater (APHA, 1998) e apresentados na Tabela 2.

Após 121 dias de operação do sistema, foi montado um decantador após o RAC (Figura 3), com volume útil de 13,17 litros, para reter uma maior quantidade de sólidos suspensos. O sistema foi envolvido com papel alumínio para evitar o crescimento de algas.



Figura 3 - Unidade de tratamento com decantador.

Tabela 2 - Parâmetros analisados e metodologia de determinação.

| Parâmetro | Unidade | Metodologia (número do método*) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Temperatura | °C | Leitura em termômetro de mercúrio (2 550) |
| Potencial hidrogeniônico (pH) | - | Método potenciométrico (4500-H ⁺) |
| Alcalinidade | mgCaCO ₃ .L ⁻¹ | Método da titulação potenciométrica com ácido sulfúrico (2320) |
| Demanda química de oxigênio (DQO) | mgO ₂ .L ⁻¹ | Método do refluxo do dicromato de potássio (5220-D) |
| Sólidos totais, suspensos e voláteis | mg.L ⁻¹ | Método gravimétrico (2540-B, 2540-D e 2540-E) |
| Sólidos sedimentáveis (SSed) | mL.L ⁻¹ | Método volumétrico (2540-F) |
| Turbidez | UNT | Método nephelométrico (2130) |
| Oxigênio dissolvido (OD) | mgO ₂ .L ⁻¹ | Método do eletrodo (eletrométrico) (4500-O G) |

* Encontrado no *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

2.4 Pós-tratamento físico-químico

Foi executado um ensaio *jar-test* como estudo de uma alternativa de pós-tratamento físico-químico para o efluente. Para o ensaio foi utilizado um equipamento

de reatores estáticos *jar-test* ÉTICA, Mod. 218. Como coagulante, foi utilizado o cloreto férrico hexa-hidratado (FeCl₃.6H₂O). A escolha pelo sal de ferro como coagulante é justificada pelo fato de este permitir a formação de flocos mais densos e com

velocidades maiores de sedimentação quando comparado a sais de alumínio. Foram testadas oito concentrações (5, 10, 25, 50, 75, 100, 250 e 500 mgFeCl₃.6H₂O/L). Foram tomados como parâmetros de avaliação da eficiência da coagulação/floculação a turbidez, a alcalinidade, o pH e a concentração de SDT. Os ensaios de *jar-test* foram executados nas seguintes condições, gradiente de velocidade da mistura rápida de 470,85 s⁻¹, gradiente de velocidade da mistura lenta de 63,61 s⁻¹, tempo de mistura rápida de 1 min, tempo de mistura lenta de 20 min e tempo de decantação de 30 min.

2.5 Cultivo da camomila

A camomila (*Matricaria chamomilla* L.) é uma planta da família *Asteraceae* e em 1989 teve sua nomenclatura botânica modificada para *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert (TUCKER *et al.*, 1989). As suas delicadas e minúsculas flores amarelas agrupam-se formando uma inflorescência central. As flores centrais são hermafroditas, de corola tubulosa e amarela, e as flores marginais são femininas de corola ligulada e branca (LORENZI; MATOS, 2002).

A casa de vegetação da UNIFEI (Figura 4a) foi utilizada para a germinação das mudas de camomila. O substrato

utilizado constitui-se de 1/3 de terra, 1/3 de húmus e 1/3 de areia (Figura 4b).

Antes das mudas serem transplantadas do solo para o sistema hidropônico, como fase de adaptação em hidroponia, as mudas ficaram em solução nutritiva completa proposta por Hoagland e Arnon (1950), cuja composição química é 210,1 mg.L⁻¹ de nitrogênio, 31,0 mg.L⁻¹ de fósforo, 234,6 mg.L⁻¹ de potássio, 200,4 mg.L⁻¹ de cálcio, 48,6 mg.L⁻¹ de magnésio e 64,2 mg.L⁻¹ de enxofre. Segundo Furlani *et al.* (2009), essa solução tem sido a mais usada em pesquisa com nutrição mineral de plantas e constitui-se a base para a formulação de inúmeras soluções nutritivas comerciais existentes em todo o mundo.

O sistema hidropônico com águas de reúso para o cultivo da camomila foi montado em uma mini-estufa, ao lado do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Itajubá. Cada unidade individual de hidroponia consistiu em uma garrafa PET pintada de tinta *spray* preta para proteger as raízes da atuação direta dos raios solares. Na parte inferior de uma garrafa PET foi colocado o efluente pré-tratado, tendo sido descartada a parte superior. Um círculo de isopor foi utilizado como suporte para colocar as plantas a se cultivar, como se vê na Figura 5. A fim de melhorar a sustentação da planta foi utilizado algodão entre a planta e o isopor.

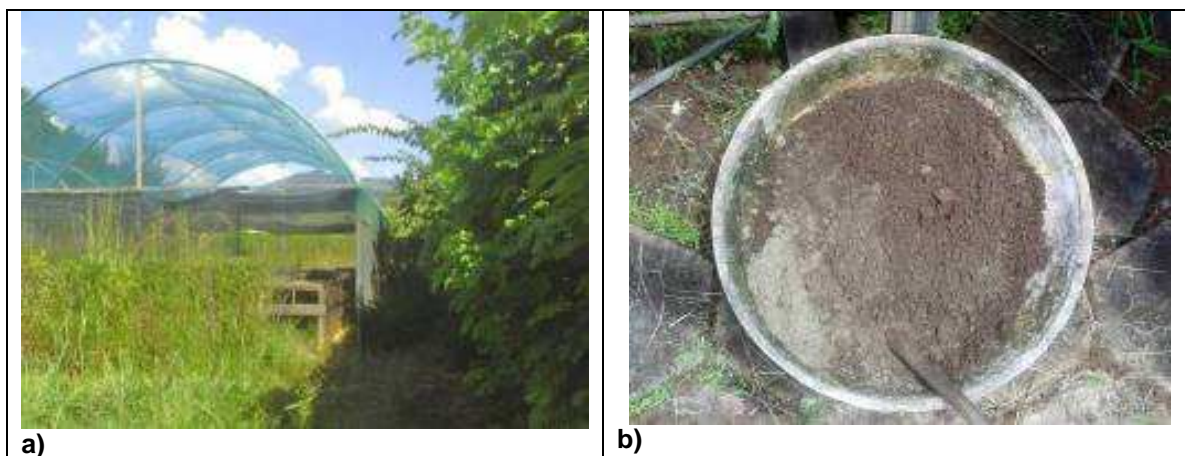


Figura 4 – a) Casa de vegetação, b) Preparo de substrato.



Figura 5 - Sistema hidropônico em vaso individual. Técnica NFT.

O sistema hidropônico implantado constituiu-se de dois tempos de detenção: um de 30 minutos e outro de 6 horas. O efluente tratado anaerobiamente afluente ao sistema hidropônico foi denominado de ET. Para o tempo de 30 minutos, os vasos com efluente anaeróbio foram chamados de Tratamento 1 (T1) e o controle com solução nutritiva de B1E na entrada e B1S na saída. Para o tempo de 6 horas, os vasos com

efluente anaeróbio foram chamados de Tratamento 2 (T2) e o controle com solução nutritiva de B2E na entrada e B2S na saída. Cada tratamento foi composto de nove plantas, sendo que a cada três constituía uma unidade (U1, U2 e U3). Assim, obteve-se a configuração da Figura 6. As análises químicas foram feitas para cada vaso hidropônico e estabelecida uma média para se caracterizar uma unidade.

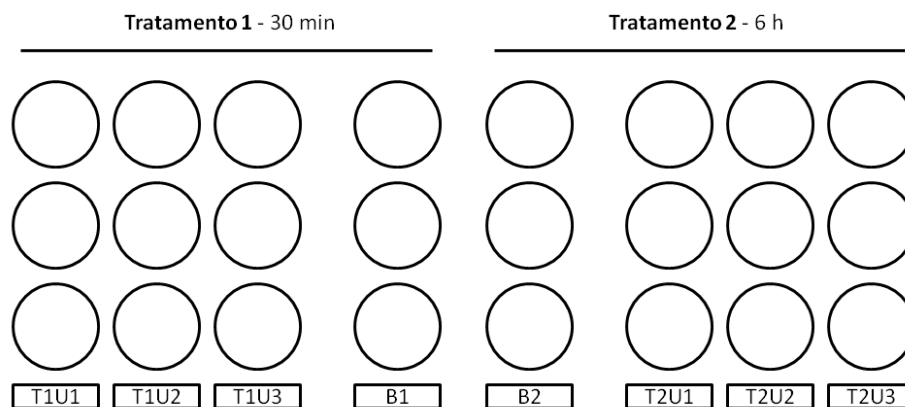


Figura 6 - Disposição dos vasos hidropônicos.

O monitoramento do sistema hidropônico foi realizado durante um mês. Diariamente, a camomila ficava submetida ao seu respectivo tempo de detenção e depois ficava em descanso em água destilada previamente aerada. O efluente utilizado com solução nutritiva era renovado diariamente. Já a solução nutritiva do controle quando não utilizada para análise química, era reutilizada por uma semana. Decorrida a detenção de cada tratamento, a solução presente nos vasos hidropônicos eram levadas para o laboratório e analisadas.

3 Resultados e discussão

O RAC, após a partida, foi operado com uma vazão de $0,50 \text{ L.h}^{-1}$, carga orgânica volumétrica aplicada média de $73,8 \text{ gDQO.m}^{-3}.\text{dia}^{-1}$, carga hidráulica volumétrica aplicada de $0,911 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}.\text{dia}^{-1}$ e taxas de escoamento

superficial de $0,688 \text{ cm.dia}^{-1}$ na primeira câmara, $0,698 \text{ cm.dia}^{-1}$ na segunda câmara e $0,531 \text{ cm.dia}^{-1}$ na terceira câmara. A taxa de escoamento superficial aplicada ao decantador foi de $0,210 \text{ cm.dia}^{-1}$. O tempo de detenção hidráulico teórico no RAC foi de 26,3 horas e o tempo de detenção hidráulico teórico do sistema RAC/decantador foi de 2,2 dias.

3.1 Reator anaeróbio compartimentado

Na Figura 7, apresenta-se a eficiência em termos de remoção de DQO e de turbidez, para as duas vazões estudadas. Nota-se que a eficiência do reator aumentou com o aumento da vazão e, também, com a colocação do decantador (após 121 dias de operação), mostrando que houve uma retenção de sólidos na unidade de decantação.

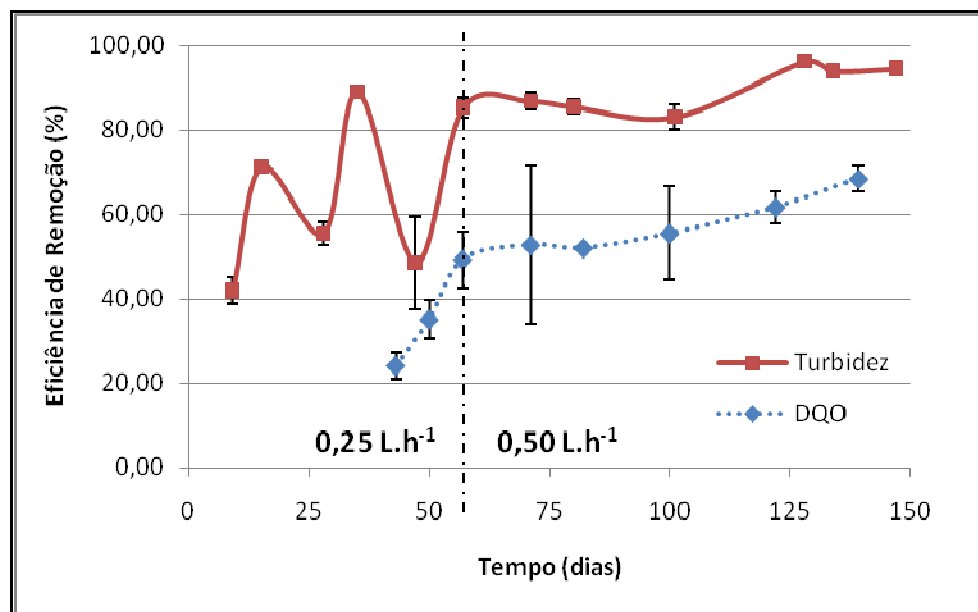


Figura 7 - Evolução temporal da eficiência do RAC na remoção de DQO e de Turbidez.

Como pode ser observado, por meio da Figura 8, a parcela de SDT representa a maior contribuição para o teor de sólidos totais do efluente tratado, o que já era esperado, devido aos baixos níveis de turbidez encontrados. Nota-se que, com o decantador (após 121 dias de monitoramento), houve uma leve diminuição de SST e não houve redução no teor de SDT.

As figuras 9 e 10 apresentam os valores obtidos de pH, temperatura e alcalinidade do sistema ao longo do tempo. A faixa de pH encontra-se ideal para a atividade microbiana, já que se encontra por volta do valor neutro, apesar de ter havido uma diminuição da alcalinidade do efluente tratado.

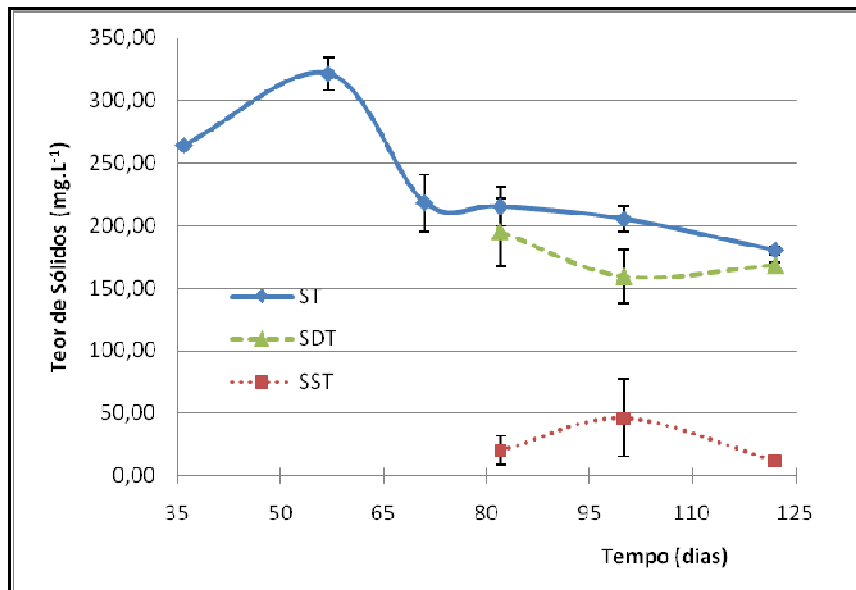


Figura 8 - Monitoramento do Teor de ST, SDT e SST do Efluente.

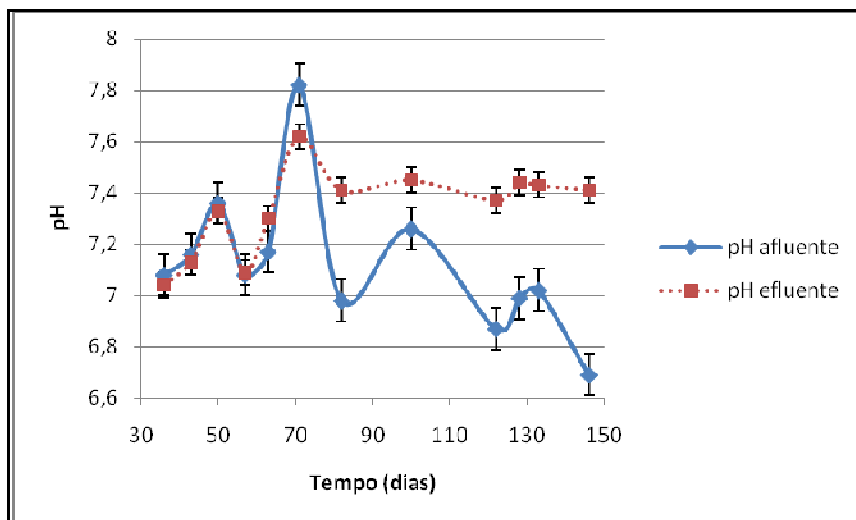


Figura 9 - Variação do pH dos afluente e efluente ao RAC.

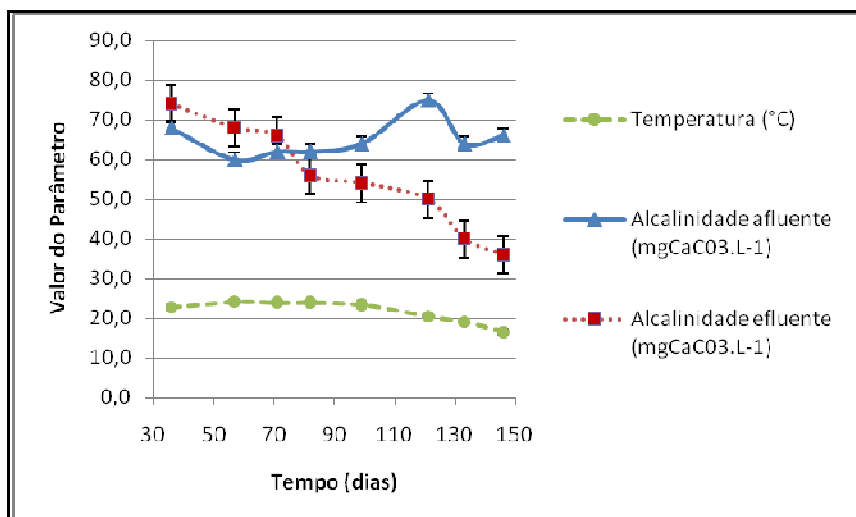


Figura 10 - Variação da temperatura e da alcalinidade dos afluente e efluente ao RAC.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados mínimos, médios e máximos obtidos durante os quase cinco meses de operação do sistema de tratamento e, também, o valor médio de eficiência de remoção dos parâmetros analisados. O efluente apresentou condições adequadas de OD, pH e temperatura, valor baixo de

DQO no efluente (menor que $75 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$) e eficiências elevadas de remoção de turbidez e sólidos sedimentáveis. Os maiores problemas foram com relação a sólidos, sobretudo sólidos dissolvidos, pois houve liberação dos sólidos do lodo no efluente tratado e alcalinidade que diminuiu ao longo do tempo.

Tabela 3 - Resultados do monitoramento do sistema de tratamento.

| Parâmetro | Afluente | | | Efluente | | | Eficiência média de remoção (%) |
|--|----------|------------------|-------|----------|-----------------|------|---------------------------------|
| | Mín. | M \pm DP | Máx. | Mín. | M \pm DP | Máx. | |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 16,0 | 21,7 \pm 3,0 | 24,0 | 17,0 | 21,9 \pm 2,8 | 24,5 | - |
| pH (a 25 $^{\circ}$ C) | 6,69 | 7,12 \pm 0,28 | 7,82 | 7,04 | 7,34 \pm 0,17 | 7,62 | - |
| Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$) | 60 | 65 \pm 4 | 74 | 36 | 56 \pm 13 | 74 | 13,8 |
| DQO ($\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$) | 53,5 | 101,2 \pm 32,7 | 149,8 | 33,5 | 47,5 \pm 13,0 | 74,8 | 53,1 |
| Turbidez (UNT) | 16,4 | 35,7 \pm 16,3 | 70,6 | 1,6 | 6,9 \pm 5,9 | 21,7 | 80,7 |
| ST ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 171 | 201 \pm 28 | 252 | 180 | 234 \pm 51 | 321 | (16,4)** |
| STF ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 31 | 86 \pm 31 | 125 | 29 | 91 \pm 39 | 143 | (5,8)** |
| STV ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 86 | 115 \pm 53 | 221 | 97 | 143 \pm 54 | 235 | (24,3)** |
| SDT ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 144 | 151 \pm 8 | 159 | 159 | 174 \pm 19 | 195 | (15,2)** |
| SST ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 31 | 39 \pm 7 | 45 | 12 | 26 \pm 18 | 46 | 33,3 |
| SSed. ($\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$) | 0,50 | 0,91 \pm 0,41 | 1,70 | 0,00 | 0,01 \pm 0,02 | 0,05 | 98,9 |
| OD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) | 0,59 | 3,33 \pm 1,50 | 4,93 | 2,37 | 4,22 \pm 1,06 | 5,49 | (26,7)** |

* Média \pm Desvio Padrão, ** o valor entre parêntese significa o percentual de aumento do parâmetro.

Os resultados de Nour et al. (2010) corroboram os resultados do presente estudo. Os autores concluíram que no RAC estudado, a sedimentabilidade era elevada, o pH permaneceu acima de 6,8, existia boa condição de tamponamento do sistema e, para o tempo de detenção hidráulico de 18,3 horas, obtiveram, em média, 52,0% de eficiência de remoção de DQO.

3.2 Precipitação química como pós-tratamento anaeróbio

Os resultados obtidos no ensaio *jar-test* (Figura 11) são apresentados na Tabela 4. Constatou-se que a concentração ideal de cloreto férrico que deve ser empregada para o tratamento do efluente anaeróbio estudado é de $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, já que resultou num efluente com a menor turbidez e o menor teor de sólidos, não havendo uma queda brusca de pH.

A dosagem ótima do coagulante é específica para cada tipo de efluente, não podendo ser generalizada, pois depende das características qualitativas deste efluente, do tipo de tratamento ao qual foi submetido e do

parâmetro a ser removido. Marguti et al. (2008) encontraram que a dosagem ótima de cloreto férrico deveria ser superior a $80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em ensaio *Jar-test* mas, em ensaio piloto, constataram que uma dosagem igual ou superior a $60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ alcançava remoção de fósforo de 90%; enquanto Sinelli (2002) conseguiu, com $95 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloreto férrico, 95% de remoção de sólidos suspensos totais e verificou que seria necessário teor de coagulante superior a $80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para a remoção de fósforo.

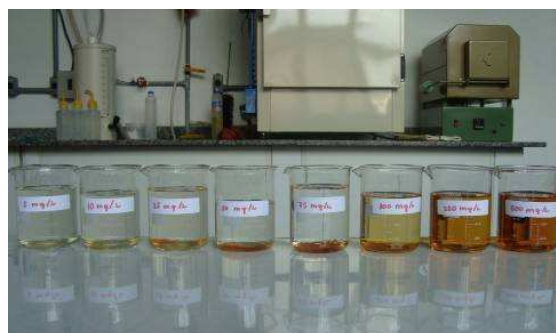


Figura11 - Amostras após ensaio *jar-test* nas diferentes dosagens de coagulante.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios em aparelho *jar-test*.

| Parâmetros Avaliados | Concentrações de coagulante aplicadas (mg.L ⁻¹) | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Efluente | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 | 250 | 500 |
| Temperatura (°C) | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| pH (a 25° C) | 7,36 | 7,19 | 7,12 | 6,98 | 6,39 | 5,36 | 3,72 | 2,92 | 2,71 |
| Alcalinidade (mgCaCO ₃ .L ⁻¹) | 40 | 36 | 32 | 26 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Turbidez (UNT) | 1,87 | 1,82 | 1,68 | 0,83 | 0,37 | 0,91 | 4,65 | 3,26 | 1,09 |
| SDT (mg.L ⁻¹) | 161 | 118 | 114 | 118 | 112 | 120 | 180 | 258 | 444 |

3.3 Cultivo de planta como pós-tratamento anaeróbio

Pela análise da Figura 12, nota-se que a remoção de DQO foi mais eficiente no tratamento T2 cujo tempo de detenção do esgoto tratado foi de 6 horas. O tratamento T1 (tempo de 30 minutos) apresentou baixo

valor de remoção de DQO e nas duas últimas análises acabou por aumentar a DQO do sistema. A degradação de matéria orgânica de esgotos em sistemas de cultivo de plantas pode ser justificada por ação de microrganismos presentes nos esgotos e liberação de substâncias pelas raízes das plantas como, por exemplo, ácidos.

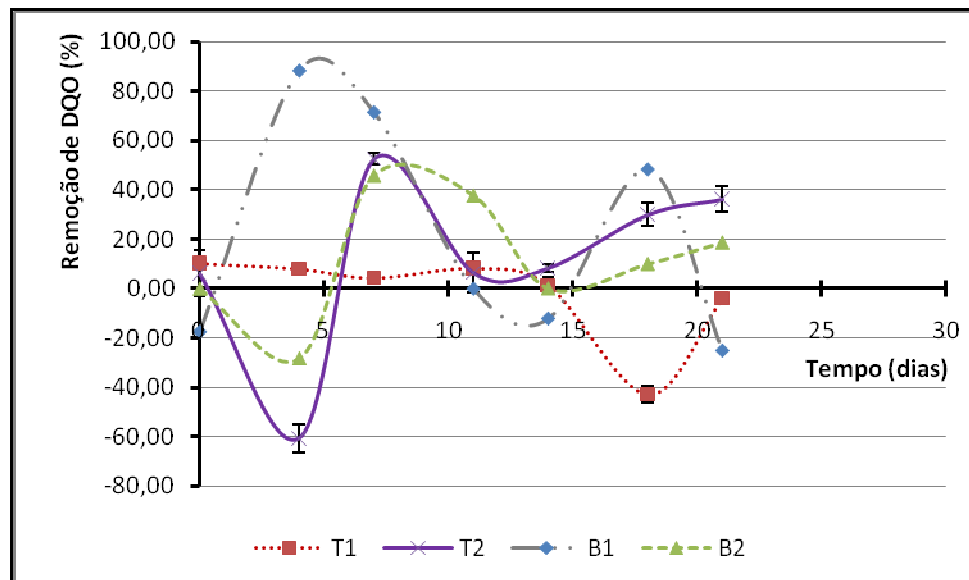


Figura 12 - Remoção de DQO nos tratamentos T1 (30 min), T2 (6 h) e nos controles B1 (30 min) e B2 (6 h).

Após passar pelos sistemas hidropônicos, o efluente anaeróbio apresentou redução do oxigênio dissolvido. Sendo que o T2 apresentou reduções superiores ao T1, como mostra a Figura 13. Isso pode ser decorrente de fatores como o consumo de oxigênio pela planta e por microrganismo em processo oxidativo da matéria orgânica.

A Figura 14 mostra que todos os tratamentos propiciaram diminuição do pH, sendo que a diminuição foi maior quando se usou a solução nutritiva e o esgoto no T2. Pode ser que essa diminuição esteja relacionada a ocorrência do processo de nitrificação, pois segundo Kadlec (1996) para cada grama de NO₃ produzido 3,0g de

CaCO₃ são consumidos, tendo como consequência a diminuição do pH. Todavia, os resultados de nitrato sempre mostraram diminuição, tanto com a planta como sem a planta no meio, indicando que o consumo deve estar superando a produção.

A alcalinidade (Figura 15) sofreu quedas em praticamente todas as análises, somente em algumas apresentou aumento, tanto para T1 quanto para T2. Ao se fazer a média global de todos os valores obtidos, percebe-se que o consumo de alcalinidade em T1 foi de 3,37%, maior que em T2 que foi de 1,93%. A diminuição pode ser um indicativo de ocorrência de nitrificação.

Na Figura 16, nota-se principalmente no tratamento T2 no qual se usou esgoto como

nutriente que houve aumento de sólidos totais. Uma explicação seria a deposição de material suspenso do ar nos vasos hidropônicos, fato este observável a olho nu. Apesar da mini-estufa ser protegida com plástico, esta proteção não era integral, havia

mecanismos de ventilação que permitiam a entrada de interferentes externos. A suspensão de material no ar pode ter sido agravada por uma obra civil que estava acontecendo ao lado da mini-estufa durante o período de monitoramento.

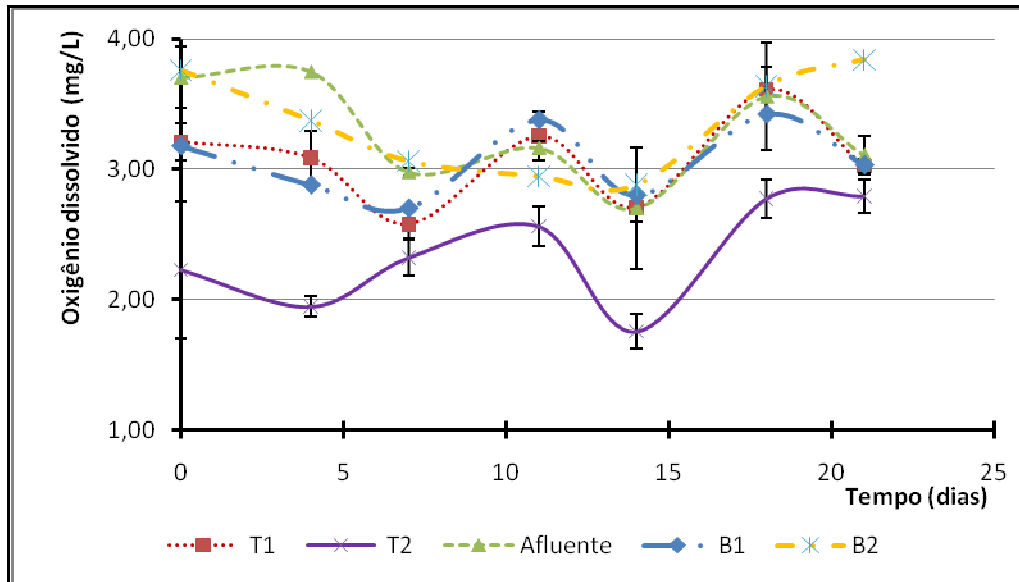


Figura 13 - Variação de oxigênio dissolvido do afluente e dos efluentes referentes aos tratamentos 1 e 2 usando solução nutritiva e esgoto tratado anaerobiamente (sendo T1: tratamento 1 com esgoto, T2: tratamento 2 com esgoto, B1: solução nutritiva após tratamento 1 e B2: solução nutritiva após o tratamento 2).

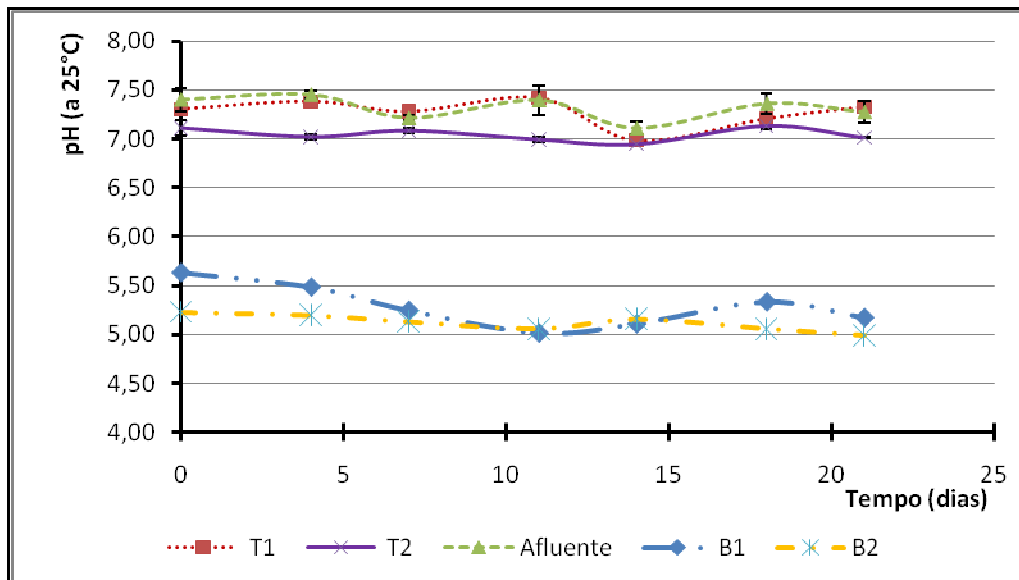


Figura 14 - Variação de pH do afluente e dos efluentes referentes aos tratamentos 1 e 2 usando solução nutritiva e esgoto tratado anaerobiamente (sendo T1: tratamento 1 com esgoto, T2: tratamento 2 com esgoto, B1: solução nutritiva após tratamento 1 e B2: solução nutritiva após o tratamento 2).

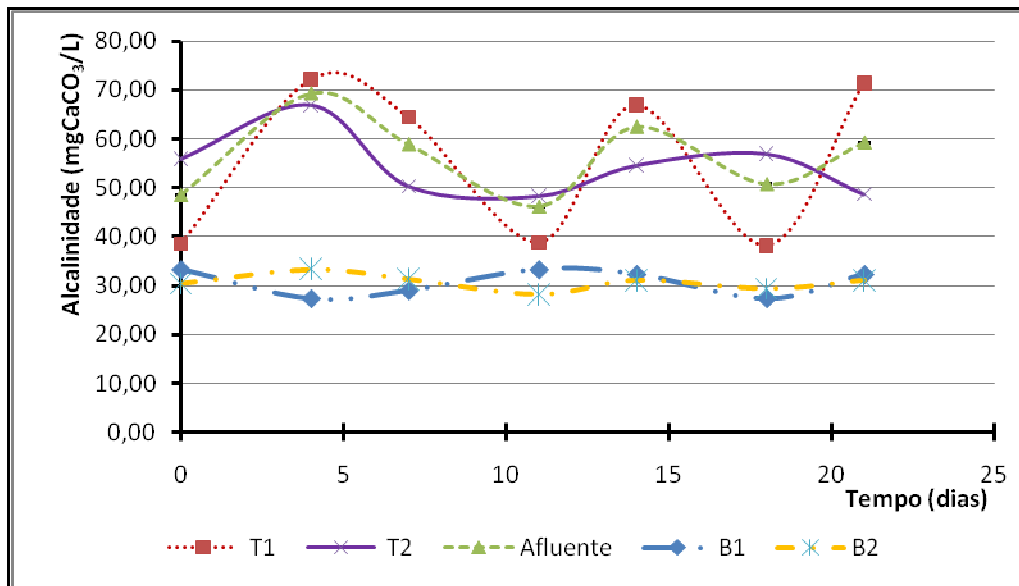


Figura 15 - Variação da alcalinidade do afluente e dos efluentes referentes aos tratamentos 1 e 2 usando solução nutritiva e esgoto tratado anaerobiamente (sendo T1: tratamento 1 com esgoto, T2: tratamento 2 com esgoto, B1: solução nutritiva após tratamento 1 e B2: solução nutritiva após o tratamento 2).

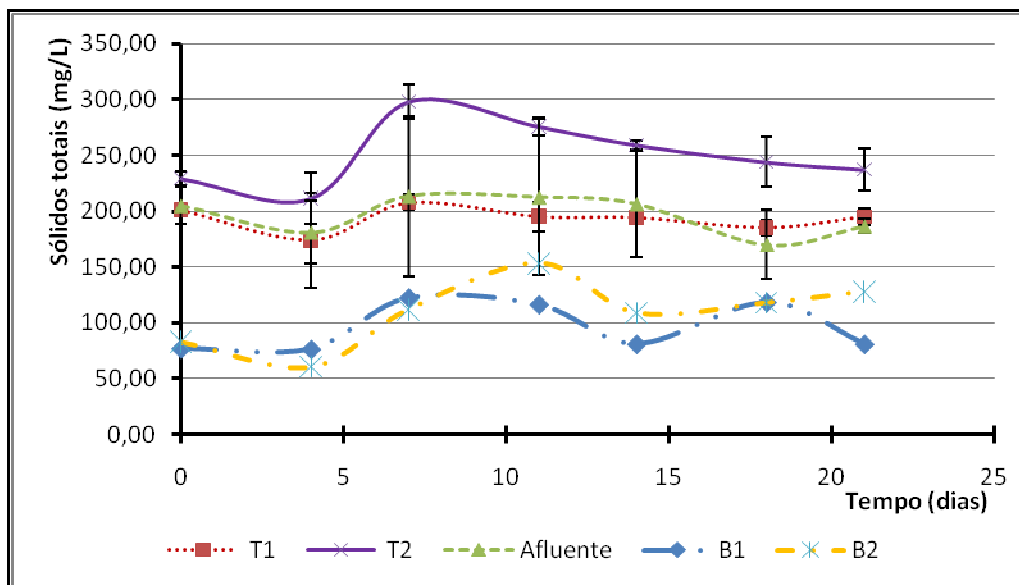


Figura 16 - Variação de sólidos totais do afluente e dos efluentes referentes aos tratamentos 1 e 2 usando solução nutritiva e esgoto tratado anaerobiamente (sendo T1: tratamento 1 com esgoto, T2: tratamento 2 com esgoto, B1: solução nutritiva após tratamento 1 e B2: solução nutritiva após o tratamento 2).

As variações do nitrato são mostradas na Figura 17. De maneira geral, houve consumo de nitrato. Essa diminuição provavelmente decorre de absorção pelas plantas e microrganismos, pois não há

condições para que esteja ocorrendo desnitrificação no meio e as diminuições nos valores de alcalinidade e pH indicam a ocorrência de nitrificação. Desse modo, o consumo de nitrato é maior que a produção.

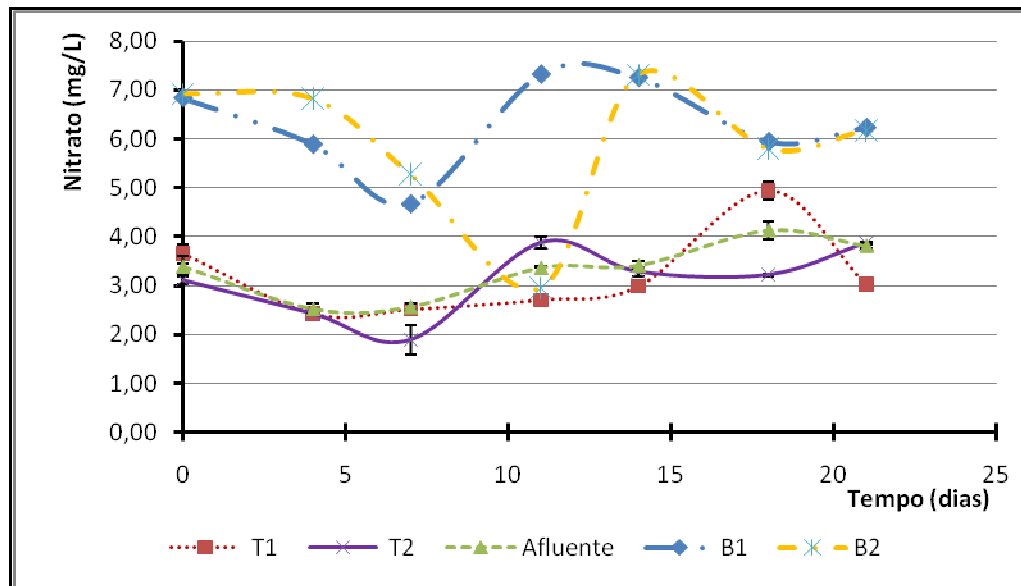


Figura 17 - Variação de nitrato do afluente e dos efluentes referentes aos tratamentos 1 e 2 usando solução nutritiva e esgoto tratado anaerobiamente (sendo T1: tratamento 1 com esgoto, T2: tratamento 2 com esgoto, B1: solução nutritiva após tratamento 1 e B2: solução nutritiva após o tratamento 2).

A Tabela 5 apresenta as variações de coliformes do efluente de RAC após ser usado no cultivo da camomila. No T1, houve o aumento dos coliformes totais e foi detectada a presença de coliformes fecais. No T2, houve diminuição dos coliformes totais e ausência em 50% de todas as análises feitas de coliformes fecais. Há aumento de coliformes no T1 e redução no

T2, o que pode explicar a ocorrência de nodulação nas raízes (Figura 18), ou seja, a remoção de microrganismos através do seu encapsulamento pela planta. Pode ser ainda que haja uma tendência natural de aumento dos coliformes após saírem do RAC e apenas um tempo de contato maior com as raízes da camomila é que possa controlar este processo.

Tabela 5 - Variação de coliformes totais e fecais após os tratamentos 1 e 2.

| Tempo de cultivo | Coliformes | Afluente | Efluente a T1 | Efluente a T2 |
|------------------|----------------------------|----------|---------------|------------------------------|
| Após 27 dias | Totais (NMP/100mL) | 900 ± 0 | 1600 ± 0 | 633 ± 231 |
| | Fecais (presença/ausência) | Presença | Presença | Ausência em 50% das amostras |
| Após 37 dias | Totais (NMP/100mL) | 500 ± 0 | 767 ± 231 | 317 ± 29 |
| | Fecais (presença/ausência) | Presença | Presença | Ausência em 50% das amostras |

3.4 Desenvolvimento da planta estudada

Após 28 dias de monitoramento já é possível ver o efeito dos diferentes tempos de detenção das soluções em uso, tanto para o esgoto quanto para a solução nutritiva. O Tratamento 2 foi o que propiciou melhor desenvolvimento das plantas, tanto em tamanho quanto em melhor aparência (Figura 18). Sendo que em ambos os tratamentos, o uso de efluente tratado

demonstrou melhores benefícios para o desenvolvimento da camomila do que o uso de solução nutritiva (Tabela 6). O mau desenvolvimento da planta cultivada na solução nutritiva pode ter sido devido à quantidade de fósforo da solução. Segundo pesquisas desenvolvidas por Fernandes et al. (1993), Martins et al. (1998) e Mapeli et al. (2005), o déficit de fósforo causa a redução da biomassa e de metabólitos secundários.



Figura 18 - Desenvolvimento da camomila após 28 dias de cultivo.

Tabela 6 - Desenvolvimento das plantas (altura das plantas, número de folhas e tamanho das raízes) após 28 dias de monitoramento.

| Parâmetro | Tratamento 1 | | Tratamento 2 | | Controle 1 | | Controle 2 | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | No início | Após 28 dias | No início | Após 28 dias | No início | Após 28 dias | No início | Após 28 dias |
| Altura das plantas (cm) | 5,1 ± 0,3 | 4,7 ± 0,5 | 4,9 ± 0,5 | 7,1 ± 0,4 | 5,3 ± 0,3 | 2,9 ± 0,1 | 5,2 ± 0,3 | 5,2 ± 0,3 |
| Número de folhas | 14 ± 2 | 17 ± 4 | 12 ± 1 | 18 ± 1 | 13 ± 1 | 11 ± 1 | 11 ± 1 | 16 ± 1 |
| Tamanho das raízes (cm) | 15,8 ± 0,9 | 16,2 ± 1,1 | 16,8 ± 1,6 | 16,1 ± 1,9 | 16,2 ± 0,8 | 16,2 ± 0,8 | 15,8 ± 0,8 | 16,2 ± 0,8 |

Analisando-se a Tabela 6, percebe-se que o T2 proporcionou maior crescimento a planta, inclusive maior que o controle, com relação à altura e ao número de folhas. Portanto, o uso de esgoto tratado anaerobiamente foi benéfico para o cultivo da camomila e, conseqüentemente, os nutrientes usados pela planta para o seu desenvolvimento foram removidos do efluente, indicando a potencialidade do cultivo da camomila como pós-tratamento de efluentes anaeróbios.

Durante o período observado, o tamanho das raízes permaneceu aproximadamente o mesmo. Detalhes das

raízes da camomila podem ser observados por meio da Figura 19.

A Figura 19a mostra a formação de nódulos na raiz da camomila. Os nódulos foram formados nas plantas cultivadas com efluente tratado. Esses nódulos podem ser associações com bactérias fixadoras de nitrogênio ou até mesmo evidências de uma doença.

No entanto, de maneira isolada, houve acúmulo de sólidos na raiz do T2U3, formando um aglutinado de material preto em três regiões distintas. No destaque superior da Figura 19b, têm-se duas dessas regiões e, no destaque inferior, tem-se outra região de acúmulo.

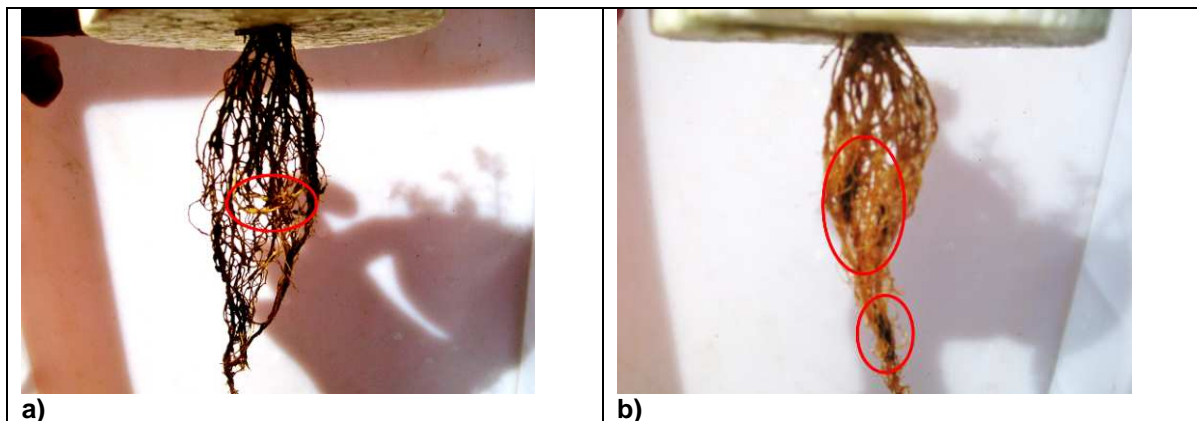


Figura 19 – a) Formação de nódulos na raiz da camomila, b) Acúmulo de sólidos na raiz do T2U3.

A incidência de doença e principalmente pulgões foi controlada com a utilização de solução de nicotina. Foram comuns os ataques por pulgão antes do transplante para o sistema hidropônico, mas após isto, não houve mais ataques.

Em todas as unidades hidropônicas houve aparecimento de algas. O local mais

afetado foi no algodão entre a planta e o isopor, sendo verificada no algodão uma película gelatinosa de coloração verde escura, como destacado na Figura 20a. As reentrâncias do isopor foram outros locais nos quais se observou proliferação de algas, como mostrado na Figura 20b.

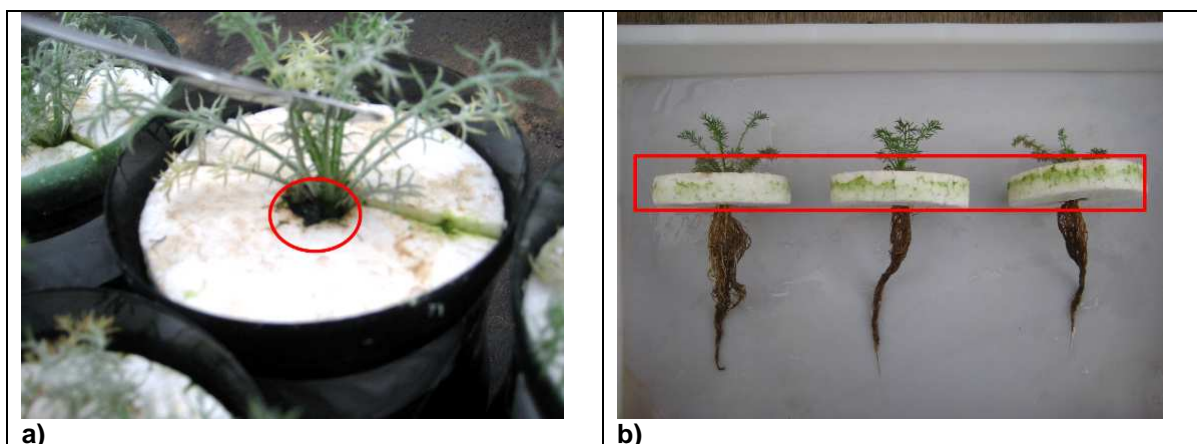


Figura 20 - Formação de algas: a) no algodão de suporte das plantas, b) no isopor de suporte das plantas.

4 Conclusões

Portanto, pode-se concluir, por meio dos estudos experimentais realizados, que:

- O reator anaeróbico compartimentado apresentou boa condição de tamponamento e pH próximo da neutralidade, o que é um aspecto importante considerando o custo de correções de pH.
- O sistema de tratamento apresentou boa eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) e de turbidez, atingindo valores

máximos de 68,4 % e 96,3 %, respectivamente.

- O uso do decantador propiciou ao sistema um ligeiro aumento no desempenho na redução de DQO e de turbidez, bem como na elevação do teor de oxigênio dissolvido efluente.

- O ensaio em aparelho *jar-test* com cloreto férrico mostrou-se uma boa alternativa de pós-tratamento físico-químico para a remoção de turbidez do efluente. Observou-se que a melhor dosagem do coagulante que

deve ser aplicada para este tipo de tratamento é de 50 mg.L⁻¹ para as condições estudadas.

- Ao se analisar a variação de parâmetros do efluente de RAC ao longo do tempo em diferentes condições, percebe-se que houve uma tendência geral na diminuição de nitrato, condutividade e bactérias heterotróficas. Por outro lado, ocorreu aumento de pH, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila *a*.

- Apesar do curto tempo de monitoramento, a camomila cultivada em hidroponia com águas de reúso apresentou dinâmica de crescimento; sendo o tratamento T2, com tempo de detenção de 6 horas, o que demonstrou melhores resultados, provavelmente, porque um tempo maior de contato com as raízes propiciaram um maior número de reações bioquímicas.

- Para se obter dados mais consistentes com relação ao cultivo da camomila com águas residuárias, recomenda-se que pesquisas sejam realizadas acompanhando o

desenvolvimento da planta durante todo o seu ciclo de vida e monitorando o teor de nutrientes.

- Recomenda-se, também, que seja otimizada a solução nutritiva controle de modo a atender aos requisitos nutricionais da planta estudada.

- O uso de efluente de RAC mostrou-se melhor que o uso da solução nutritiva de Hoagland & Arnon, provavelmente por apresentar excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio, pH mais favorável e microrganismos que se associaram de forma benéfica com a planta em questão.

- A tecnologia estudada composta por tratamento biológico anaeróbico seguido de cultivo de camomila se apresentou aplicável à zona rural brasileira ou a domicílios/empreendimentos isolados por suas características em termos de eficiência e facilidade de construção e operação. No entanto, recomendam-se estudos adicionais para o aperfeiçoamento dessa tecnologia.

5 Experimental study of technology for sewage treatment applicable to Brazilian rural area

Abstract: *The sewage treatment systems consisting of baffled anaerobic reactor are considered promising, for the Brazilian rural area or for places where there isn't sewer system, by presenting simple setup and easy operation. In this research, a treatment system consisting of anaerobic baffled reactor followed by sedimentation was developed. The cultivation of ornamental plants like biophysical post-treatment of anaerobic effluent was studied. Also, testing in jar-test was conducted with ferric chloride as an alternative to physical-chemical post-treatment of anaerobic effluent. During the monitoring system, about five months, the anaerobic reactor reached maximum efficiency of COD and turbidity removal of 68.4% and 96.3% respectively. It was found that the reactor showed good buffering, keeping the pH around neutral (7.34 ± 0.17), although there was a decrease in alkalinity over time. The development of ornamental plant grown with sewage treated was better (both in size and appearance) than control plant that was grown in nutrient solution. The monitoring of the culture's effluent showed a decrease of nitrate, conductivity and number of heterotrophic bacteria. It was observed that the concentration of the coagulant used in test-jar that resulted in a better degree of treatability was 50 mg.L⁻¹.*

Key-words: Baffled anaerobic reactor. *Chamomilla recutita* L. Chemistry precipitation.

6 Referências

ABUJAMRA, R.C.P.; ANDRADE NETO, C.O., MELO, H.N.S.; CAMPELO, G.P. Produção hidropônica de flores de zínia com esgoto tratado. **Anais** da AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Avanzando hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el marco de la ingeniería sanitaria ambiental. Asunción, AIDIS, Paraguay, 2005, p. 1-9.

AISSE, M. M.; LOBATO, M. B.; BONA, A.; GARBOSSA, L. H. P. Estudo comparativo do

reator UASB e do reator anaeróbico compartimentado seqüencial no tratamento de esgoto sanitário. **In: Anais** do XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Alegre: AIDIS/ABES, 2000, p.1-9.

ANDRADE NETO, C.O. de; OLIVEIRA, H.N.S.; MELO FILHO, F.K.D. Hidroponia Forrageira com Efluente de Filtro Anaeróbico. **In Anais** 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Joinville: ABES, 2003, p.1-11. CD-ROM.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards methods of the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: APHA-ASSA-WEF, 1998.

BARBER, W. P.; STUCKEY, D. C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review. *Water Research*, v. 33, n. 7, p.1559-1578, 1999.

BRANDÃO, M.G.L.; FREIRE, N.; SOARES, C.D.V. Vigilância de fitoterápicos em Minas Gerais: verificação da qualidade de diferentes amostras comerciais de camomila. Rio de Janeiro: **Caderno de Saúde Pública**, v. 14, n. 3, p. 613-616, 1998.

CALHEIROS, H.C.; PERICO, A.C.S.; NUNES, C.F. Estudo experimental de aspectos hidrodinâmicos e de partida de um reator anaeróbico seqüencial tratando esgotos domésticos. Taubaté. **Ambi-Água**, v.4, n. 3, p. 144-156, 2009.

CAMPOS, J.R (coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, ABES, 1999.

FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, MG, 1996.

FENG, H.; HU, L.; MAHMOOD, Q.; FANG, C.; QIU, C.; SHEN, D. Effects of temperature and feed strength on a carrier anaerobic baffled reactor treating dilute wastewater. **Desalination**, v. 239, p. 111-121, 2009.

FERNANDES, R.; SCULL, R.; GONZALES, J.L.; CRESPO, M.; SANCHES, E.; CARBALLO, C. Effect of fertilization on yield and quality of *Matricaria recutita* L. Aspects of mineral nutrition of the crop. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 1993, Cuba. **Anais...Cuba**: 1993, 3: 981-984. CD-ROM

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 – Solução Nutritiva**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidropo niap2/index.htm>. Acesso em: 10 nov. 2010.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950, 347p.

LANGENHOFF, A.A.M.; INTRACHANDRA, N.; STUCKEY, D.C. Treatment of dilute soluble and colloidal wastewater using an anaerobic baffled reactor: influence of hydraulic retention time. **Water Research**, v. 34, n. 4, p. 1307-1317, 2000.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002, 544p.

MAPELI, N.C.; VIEIRA, M.C.; HEREDIA Z.N.A.; SIQUEIRA, J.M. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. Brasília: **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 32-37, 2005.

MARGUTI, A.L., FERREIRA FILHO, S.S.; PIVELI, R.P. Otimização de processos físico-químicos na remoção de fósforo de esgotos sanitários por processos de precipitação química com cloreto férrico. Rio de Janeiro: **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 395-404, 2008.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. 2ª ed. – Viçosa: UFV, 1999.

MARTINS, E.R.; CASTRO, D.M.; CASTELLANI, D.C.; DIAS, J.E. **Plantas medicinais**. 2. ed. Viçosa: UFV- Imprensa Universitária, 1998, 220p.

NOUR, E.A.A.; BARRETO, A.S.; LIMOEIRO, W.A. Caracterização da biomassa em reator anaeróbico compartimentado. São Paulo: **Revista DAE**, ano LVIII (184), p. 23-26, 2010.

PENG, J.W.; HAN, X.K. **Study on wastewater treated by more spots divisional influent of anaerobic baffled reactor**. 2008 International Workshop on Education Technology and Training and 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, ETT and GRS 2008. p. 434-437, 2009.

POVINELLI, S.C.C. **Estudo da hidrodinâmica e partida de reator anaeróbico com chicanas tratando esgoto sanitário**. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1994. 181p. Tese (Mestrado).

RAMOS, M.B.M.; VIEIRA, M.C.; HEREDIA Z., N.A.; SIQUEIRA, J.M.; ZIMINIANI, M.G. Produção de capítulos florais em função de populações de plantas e da incorporação ao solo de cama-de-aviário. Brasília: **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 566-572, 2004.

SANTOS, H.R. **Coagulação/Precipitação de efluentes de reator anaeróbico de leito expandido e de sistema de lodo ativado precedido de reator UASB, com remoção de partículas por sedimentação ou flotação**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006, 331p. Tese (Doutorado).

SINELLI, P.H. **Remoção de fósforo de efluente de tratamento anaeróbico por processo físico-químico**. São Paulo: Escola Politécnica,

Universidade de São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado).

SOUSA, M. P.; MATOS, M. E. O.; MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A. **Plantas Mediciniais Brasileiras**. Fortaleza: Edições UFC, 1991.

TUCKER, A.O.; DUKE, J.A.; FOSTER, S. **Botanical Nomenclature of Medicinal plants**. In Herbs-Spices-Med-Plants-Recent-Adv-Bot-Hortic-

Pharmacol. Phoenix, Ariz.: Oryx Press, 1989, 4: 169-242.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.