

## II-526 – REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PROVENIENTES DE CASAS DE FARINHA PARA IRRIGAÇÃO DE GRAMA ESMERALDA

**Vitor Rafael de Andrade Assunção<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Samuel Tenório da Silva Júnior**

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

**Vicente Rodolfo Santos Cezar**

Engenheiro agrônomo pela Universidade de Taubaté. Mestre e doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professor do Instituto Federal de Alagoas.

**Marcio Gomes Barboza**

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor adjunto e pesquisador do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Trabalhador São-carlense, 400 CP 359- São Carlos – São Paulo - CEP: 13566-590 - Brasil - Tel: +55 (16) 3373-9571 - Fax: +55 (16) 3373-9550 - e-mail: [vitorraa@usp.br](mailto:vitorraa@usp.br)

### RESUMO

O reuso de águas residuárias tem se apresentado como alternativa para amenizar os problemas causados pela escassez de reservas de água doce no planeta e a minimização de descargas poluentes em corpos receptores. Os esgotos domésticos e certos efluentes industriais apresentam dentre seus componentes diversos elementos classificados como nutrientes necessários ao desenvolvimento de plantas. Se devidamente tratados e gerenciados estes elementos podem favorecer a natureza pela eliminação de poluentes e pela economia que propiciam na redução da extração de matérias-primas da mesma. Este trabalho propõe o estudo da reutilização de efluentes de casas de farinha tratados no cultivo da grama esmeralda (*Zoysia japonica*) na intenção de reduzir impactos de lançamento, economia de água e de se apresentar como alternativa econômica para pequenos produtores. O sistema de tratamento dos efluentes empregado foi composto por um Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas (RAHC), com volume útil de 125L, seguido de parcelas de solo, circular, com diâmetro 30cm coberta por grama. O sistema de tratamento foi alimentado com esgoto sanitário proveniente da Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UACTEC/UFAL) e manipueira produzida em laboratório com mandioca proveniente da Região Produtora de Mandioca de Arapiraca, Alagoas. Foi realizada a caracterização do efluente tratado quanto aos indicadores de contaminação fecal — através da presença de *E. Coli* — e avaliada as condições ambientais do efluente após a irrigação, em relação aos parâmetros nitrato e nitrito. O crescimento da cultura irrigada com efluentes provenientes de casas de farinha foi maior que o da cultura irrigada com água de abastecimento, porém a qualidade final do efluente demonstrou que o processo necessita de desinfecção para remoção microrganismos indicadores de contaminação fecal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso de efluentes, manipueira, esgoto sanitário, reatores anaeróbios, tratamento biológico.

### INTRODUÇÃO

O reuso de águas residuárias surge como alternativa para solução dos problemas relacionados à escassez hídrica. Dentre os benefícios da reutilização encontram-se a redução de cargas poluentes em corpos receptores e a geração de renda, através da utilização do efluente como fertilizante.

O agreste alagoano apresenta um micro-clima caracterizado por longos períodos de estiagem e desta forma a reutilização de efluentes se apresenta como saída socioeconômica para moradores da região. Na região é possível encontrar diversas micro-indústrias processadoras de mandioca, que ao processar o produto descartam seus rejeitos no solo ou em corpos d'água localizados nas proximidades. Outro problema está relacionado à destinação final do esgoto produzido pela comunidade local, que assim como no descarte da manipueira é

realizado de maneira indesejável. O descarte de efluentes em microprocessadoras de mandioca pode ser visto na Figura 1.



**Figura 1: descarte de manipueira.**

Na busca pela solução dos problemas gerados pelo descarte dos resíduos das farinheiras — manipueira e esgoto sanitário — a utilização de reatores anaeróbios seguidos de irrigação apresenta grande potencial de aplicabilidade por promover melhorias significativas na qualidade do resíduo. Desta forma o tratamento do esgoto sanitário combinado com manipueira em Reatores Anaeróbios Horizontais com Chicanas (RAHC's) seguidos de disposição em parcelas de grama apresenta-se como solução economicamente viável e promissora para solução do problema encontrado no agreste alagoano.

A irrigação de grama esmeralda (*Zoysia Japonica*) com efluentes tratados apresenta não só benefícios ambientais, mas pode gerar renda e empregos à população local, melhorias na paisagem urbana e redução no custo de comercialização desse tipo de produto no Estado de Alagoas, já que, atualmente, este produto é proveniente de outras regiões do país.

Diversos fatores influenciaram na escolha da grama esmeralda como cultura a ser irrigadas com efluentes tratados, dentre eles pode-se citar: facilidade de enraizamento da cultura, beleza, baixo índice de infestação por ervas daninhas, boa tolerância aos efeitos solares, resistência a pisoteio e fácil manutenção. A grama esmeralda é comumente utilizada em jardins, residenciais e industriais, campos esportivos e obras de paisagismo em geral.

## MATERIAL E MÉTODOS

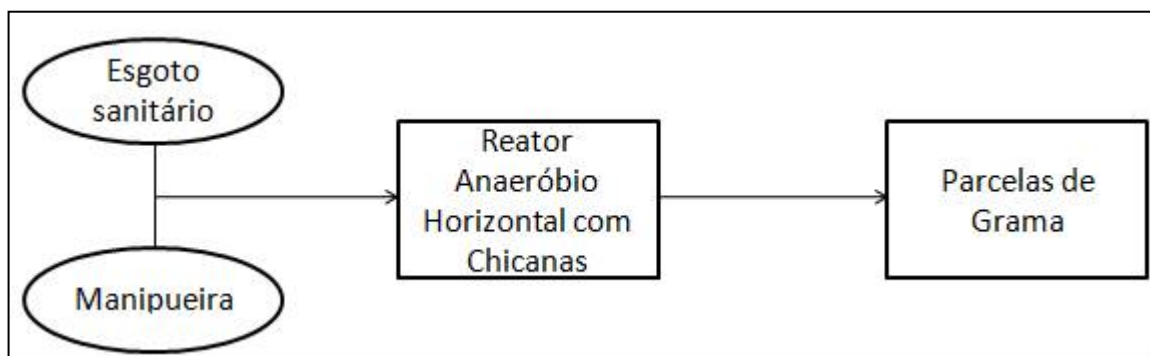
Para avaliação da qualidade do efluente final para irrigação foram utilizadas 4 parcelas de grama esmeralda de igual área superficial e com igual volume de solo suporte para a grama. As parcelas foram irrigadas diariamente e submetidas às mesmas condições climáticas.

O efluente para a irrigação da grama esmeralda foi proveniente de um Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas (RAHC), alimentado com manipueira e esgoto sanitário como co-substrato, conforme esquema mostrado na Figura 2, efluentes encontrados nas pequenas agroindústrias processadoras de mandioca do Estado de Alagoas.

A alimentação do RAHC foi feita de forma contínua, por um período de 198 dias, seguindo o tempo de detenção hidráulica, de 24 horas. De acordo com o volume total do reator, cerca de 125 litros chegou-se a vazão de aproximadamente  $87\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ .

A mandioca foi coletada no município de Girau do Ponciano, Alagoas, e processada no Laboratório de Saneamento Ambiental, situado na Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia (UACTEC) da Universidade

Federal de Alagoas (UFAL), de forma a atingir características físico-químicas semelhantes à manipueira encontrada nas casas de farinha. Após o processamento da mandioca a manipueira foi armazenada a temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$ , para manter sua composição original.



**Figura 2: Esquema experimental de pesquisa.**

A carga orgânica volumétrica do reator foi de  $1,2 \text{ KgDQO} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ . Para tanto a manipueira foi diluída, pois sua concentração situou-se em torno de  $60 \text{ kgDQO} \cdot \text{m}^{-3}$ , com o auxílio de esgoto sanitário, que possui carga orgânica de aproximadamente  $0,4 \text{ kgDQO} \cdot \text{m}^{-3}$ .

O esgoto sanitário utilizado na diluição da manipueira foi coletado e armazenado num recipiente com volume de aproximadamente 500 litros. O armazenamento do esgoto sanitário foi feito por no máximo 24 horas de forma que não houvesse alteração das características do mesmo antes da alimentação do RAHC.

As parcelas de grama esmeralda implantadas, apresentadas na Figura 3, foram circulares com diâmetro de 30 cm e possuíam camada de solo orgânico com 25 cm de espessura, totalizando cerca de 18 kg de solo. Foram implantadas 4 parcelas de grama, 2 foram irrigadas com o efluente proveniente do Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas, e 2 foram irrigadas com água de abastecimento.



**Figura 3: Parcelas de grama esmeralda.**

Nas parcelas irrigadas com o efluente foram aplicados volumes diários baseados na quantidade de nitrogênio presente no efluente do RAHC, sendo a irrigação da grama realizada com frações de nitrogênio de aproximadamente  $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  baseadas nos estudos realizados por Godoy *et al* (2007).

As parcelas foram submetidas às mesmas condições de irradiação solar diária. A irrigação foi realizada no mesmo período do dia, de forma que não houvesse variações nas condições de saída do efluente em dias consecutivos. A irrigação das parcelas de grama foi realizada com a utilização de  $20 \text{ mL} \cdot \text{dia}^{-1}$  de efluente tratado, valor obtido através da adubação nitrogenada, sendo adicionado a estes o volume de 280 mL de água

destilada, de forma a atender a disponibilidade hídrica da grama. A irrigação das parcelas de testemunha foram realizadas com 300 mL.dia<sup>-1</sup> de água de abastecimento.

Os recipientes destinados à plantação da grama possuíam um dispositivo de coleta de efluente, disposto no fundo possibilitando que o volume irrigado fosse coletado após percolar pela camada de solo.

No efluente final das parcelas do solo foram realizadas análises físico-químicas que permitiam determinar se haverá ou não possível poluição ou contaminação de fontes de águas que pudessem se encontrar nas proximidades de plantações de grama esmeralda.

Para avaliação do crescimento das gramíneas foram utilizados os parâmetros de massa seca e massa úmida das mesmas. As avaliações das massas secas da grama assim como da massa úmida foram realizadas de acordo com Vasconcellos *et al* (1999).

As análises para caracterização físico-química do efluente tratado e do percolado, após aplicação às parcelas de grama, foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). A metodologia de análise de organismos microbiológicos utilizada foi o método da membrana filtrante.

## RESULTADOS

### NITRITO

As resoluções CONAMA n.º 357 (2005) e CONAMA n.º 396 (2008) que dizem respeito à água doce e águas subterrâneas, respectivamente, estipulam que os valores máximos encontrados de nitrito não devem exceder 1 mgNO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> — classe 1, pela resolução n.º 357, e uso preponderante de consumo humano, pela resolução n.º 396. As concentrações médias de nitrito no RAHC não ultrapassaram, em momento algum, 0,01 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>. Desta forma as concentrações de nitrito não excederam as recomendações do CONAMA n.º 357 (2005), assim como os valores limite estabelecidos pela CONAMA n.º 396 (2008) que para nitrito é de 0,02 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>.

As parcelas testemunhas, irrigadas com água de abastecimento, como esperado, também não apresentaram concentrações consideráveis de nitrito em seus efluentes.

### NITRATO

A resolução n.º 357 do CONAMA (2005) estipula valores máximos para nitrato de 10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> para água doce (classes 1 e 2). Já a resolução n.º CONAMA 396 (2008) estipula como valor limite para nitrato 0,3 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>. Os valores de nitrato do resíduo coletado após a irrigação demonstrou variação entre 2,85 e 13 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>. Em geral os valores de nitrato obtidos da irrigação da cultura encontraram-se abaixo do limite estipulado pela resolução n.º 357 do CONAMA (2005), 10 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>. Porém para lançamento do efluente do RAHC em culturas irrigadas onde se encontram reservas hídricas subterrâneas faz-se necessário tratamento complementar para atendimento dos padrões da resolução n.º 396 do CONAMA (2008).

A média de concentração de nitrato para a cultura irrigada com efluente do RAHC nos recipientes foi de 5,4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup> com valor mínimo de 2,85 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>. O valor máximo encontrado para concentração de nitrato nos recipientes foi de 13 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.L<sup>-1</sup>.

### MICROBIOLOGIA

Na saída do RAHC os valores encontrados para bactérias heterotróficas foram da ordem de 10<sup>5</sup> UFC/100 mL. Após a irrigação na cultura os valores de bactérias heterotróficas foram de 10<sup>3</sup> UFC/100 mL.

O efluente do RAHC apresentou valor médio de *E. coli* da ordem de 10<sup>5</sup> UFC/100 mL, enquanto que após a irrigação o efluente apresentou *E. coli* da ordem de 500 UFC/100 mL. Os valores de *E. coli* encontrados para o efluente percolado apresentaram valores que demonstraram a capacidade de reter microrganismos do solo estudado.

## CRESCIMENTO DA CULTURA

O parâmetro utilizado para avaliar o crescimento da grama irrigada com efluente do RAHC e da parcela testemunha foi a relação massa seca/massa úmida. A Tabela 1 demonstra os resultados obtidos para o crescimento da cultura.

**Tabela 1: relação massa seca/massa úmida das culturas irrigadas com efluente tratado e água de abastecimento.**

Relação massa seca/massa úmida				
Parcela	Medida máxima	Medida mínima	Média	Desvio padrão
Efluente tratado	4,47	1,96	2,88	1,01
Água de abastecimento	3,88	1,54	2,28	0,83

O teor de água médio da cultura irrigada com efluente situou em torno de 62% enquanto que o teor médio de água da parcela testemunha situou-se em torno de 52%.

## CONCLUSÕES

A avaliação da concentração de nitrito no efluente após a irrigação demonstrou que a concentração do mesmo esteve sempre abaixo do estipulado pelas resoluções n.º 357 e 396 do CONAMA que estipulam que os valores máximos encontrados na água não devem exceder, respectivamente, 1 mg  $\text{NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}$  e 0,02 mg  $\text{NO}_2^- \cdot \text{L}^{-1}$ .

As concentrações de nitrato no efluente final (após irrigação) mantiveram médias abaixo do máximo permitido pela resolução n.º 357 do CONAMA (2005), porém valores maiores que os máximos permitidos pela mesma resolução (10 mg  $\text{NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$ ) também foram observados. A concentração de nitrato manteve-se sempre acima dos valores estabelecidos pela resolução n.º 396 do CONAMA (2008). Desta forma, caso fosse realizada fertirrigação de grama em regiões com mananciais de água nas proximidades a qualidade da água seria provavelmente comprometida.

Os valores de *Escherichia coli* encontrados no efluente final do RAHC se encontraram acima do limite recomendado pela WHO (2000) para irrigação restrita, estipulado em  $10^5$  UFC/100 mL, situação na qual apenas trabalhadores rurais têm acesso à cultura irrigada. Aliando-se ao fato da quantidade de bactérias heterotróficas também estar acima do permitido seria importante a definição de um processo de tratamento para remoção de *E. coli* e de bactérias heterotróficas. Como os valores se encontraram acima das recomendações, processos simples de desinfecção resolveriam estas pendências.

O crescimento da grama irrigada com efluente tratado proveniente de casas de farinha foi significativamente maior que o crescimento da grama irrigada com água de abastecimento. As condições avaliadas do solo não provocaram mudanças no processo.

A utilização de efluentes de casas de farinha tratados com Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas para fertirrigação de grama esmeralda necessita de tratamentos terciários para obtenção de melhor qualidade microbiológica seguindo as recomendações da WHO (2000), assim como tratamento para remoção de nitrato que apresentou resultados indesejáveis, necessitando de maiores estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater 20th Ed. Washington, 1999. 20ª ed. American Publish Health Association.
2. BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.º 357 de 17 de março de 2005. Brasília, [s.n.], 2005.

3. BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008. Brasília, [s.n.], 2008. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em 3 nov. 2010.
4. GODOY, L.J.G. VILLAS BOAS R.L. BACKES, C. LIMA, C.P.DE. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. Ciência agrotécnica, Lavras, vol. 31, Nº 5, pag. 1326-1332, set./out., 2007.
5. VASCONCELLOS, L. M. H.; LAURIA, D. C.; SILVA, L. H. C.; TADEI, J. F. Relação entre a massa úmida, seca e de cinza em materiais biológicos – Uma ferramenta para amostragens em campo e análise de amostras. Nota técnica. Química Nova, ano 6, volume 22, [s.n.], 1999.
6. WHO, World Health Organization. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the World Health Organization. *loc. cit.*, [s.n.], 2000.