

FERRO E MANGANÊS COMO INDICATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO NA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Ana Carolina Barbosa Kummer (Univ Estadual de Ponta Grossa/UEPG, Ponta Grossa/PR) E-mail: anakummeragro@gmail.com

Helio Grassi Filho (Faculdade de Ciências Agrônômica/FCA-UNESP, Botucatu/SP) E-mail: heliograssi@fca.unesp.br

Fernando Ferrari Putti (Faculdade de Ciências e Engenharias/FCE-UNESP, Tupã/SP) E-mail: fernandoputti@tupa.unesp.br

Resumo: Nas últimas décadas aumentou-se o interesse pela reutilização de efluentes tratados, principalmente na agricultura irrigada, atividade que utiliza em torno de 70% de toda água doce prontamente disponível. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar as características químicas da água de reúso limitantes no emprego da irrigação localizada por gotejamento. Para isso, em dois períodos distintos, monitoraram-se os teores de ferro (Fe) e manganês (Mn) na água residuária de uma estação de tratamento de esgotos, utilizada em substituição à água potável na irrigação de culturas agrícolas. Os resultados deste estudo em termos da presença de manganês na água de reúso indicaram baixo risco de entupimento dos emissores, uma vez que os teores não ultrapassaram 0,05 mg L⁻¹ nos dois períodos de avaliação. Deve-se ter uma atenção redobrada quanto à presença de ferro na água residuária utilizada na irrigação, uma vez que os resultados mostraram teores acima de 0,2 mg L⁻¹ apontando para um risco moderado de entupimento dos emissores. A água de reúso pode ser uma boa alternativa de aproveitamento em sistemas agrícolas irrigados desde que examinados os critérios que limitam a aplicabilidade da água conforme o sistema adotado.

Palavras-chave: irrigação, parâmetros químicos, água residuária, fertirrigação.

IRON AND MANGANESE AS QUALITY INDICATIVE OF REUSE WATER IN DRIP IRRIGATION

Abstract: In recent decades, increased interest in the reuse of treated wastewater, especially in irrigated agriculture, activity that uses around 70% of all fresh water readily available. This study aimed to evaluate the chemical characteristics that limit reuse water in the use of drip irrigation. For this, in two distinct periods, it was monitoring the levels of iron and manganese in wastewater to a sewage treatment plant, used to replace potable water for irrigation of agricultural crops. The results of this study in terms of manganese present in the recycled water showed low risk of clogging of the emitters, since the content did not exceed 0.05 mg L⁻¹ at both evaluation times. One must be careful attention to the presence of iron in the waste water used for irrigation since it results showed levels above 0.2 mg L⁻¹ pointing to a moderate risk of clogging of the emitters. The recovered water can be a good alternative for the use in agricultural irrigation systems provided analyzed criteria that limit the applicability of water according to the system adopted. The recovered water can be a good alternative for the use in agricultural irrigation systems, provided it does not exceed the limits the applicability of water according to the system adopted.

Keywords: irrigation, chemical parameters, wastewater, fertigation.

1. INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de águas residuárias para fins não potáveis, principalmente na agricultura consiste uma importante alternativa para restaurar o equilíbrio entre oferta e demanda em muitas regiões brasileiras.

Mesmo não sendo uma prática nova, nas últimas décadas aumentou-se o interesse pela reutilização de efluentes tratados, principalmente na agricultura irrigada, atividade que utiliza em torno de 70% de toda água doce prontamente disponível.

Segundo Silva et al. (2012) a grande vantagem do reaproveitamento de esgotos domésticos na irrigação de culturas agrícolas está relacionada à minimização da poluição hídrica dos mananciais, economia de água de melhor qualidade, além da redução dos gastos com adubação química devido à concentração de nutrientes presentes nos esgotos.

Um dos benefícios do reaproveitamento de águas residuárias na agricultura é o aporte de nutrientes oriundos do efluente contribuindo para o melhora no desenvolvimento das plantas (FIDELES FILHO et al. (2005); PELISSARI et al. (2009); NICHELI (2009); SOUSA NETO et al. (2012).

Vale ressaltar que o que confere alta produtividade na agricultura em função do uso de esgotos tratados, é a característica físico-química deste, a qual é determinada tanto pelo processo gerador quanto pelo sistema de tratamento empregado.

O principal objetivo do tratamento dos esgotos domésticos é a remoção de parasitas, bactérias e vírus, pois são causadores de doenças endêmicas (LÉON & MOSCOSO CAVALLINI, 1999), pois a não remoção de matéria orgânica e de nutrientes é interessante do ponto de vista agrônomo. Atualmente no Brasil, os requisitos de qualidade a serem atingidos para os efluentes sanitários são função de legislação específica (Resolução CONAMA, n° 357/2005 alterada pelas resoluções n° 410/2009 e n° 430/2011), que prevê padrões de qualidade tanto para o efluente quanto para o corpo receptor, onde a remoção dos poluentes no tratamento está associada aos tipos de tratamentos adotados (Von SPERLING, 2005).

Se por um lado é aconselhável que a água de reúso utilizada na irrigação contenha elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, por outro, é necessário que a concentração desses elementos esteja em uma faixa adequada de maneira que não prejudique o sistema hidráulico de distribuição de água e emissores, pela obstrução física. Concentrações elevadas de Fe e Mn podem provocar obstrução das tubulações assim como a presença de sólidos dissolvidos ou suspensos e de bactérias.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar as características químicas da água de reúso limitantes no emprego da irrigação localizada por gotejamento. Em dois períodos distintos, monitoraram-se os teores de ferro (Fe) e manganês (Mn) na água residuária de uma estação de tratamento de esgotos, utilizada em substituição à água potável na irrigação de culturas agrícolas. Os resultados obtidos foram comparados com os critérios estabelecidos por Gilbert e Ford (1986) quanto ao risco de entupimento de emissores em função da concentração desses elementos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local do estudo

O estudo foi conduzido no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, FCA/UNESP, campus de Botucatu/SP.

A região, localizada a 789 m de altitude, encontra-se entre as coordenadas geográficas 22°52'55" de latitude Sul e 48°26'22" de longitude Oeste. Possui clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com deficiência hídrica nos meses de abril, julho e agosto, e período chuvoso nos meses de primavera-verão, apresentando índices relativamente elevados, com precipitação média anual de 1.428 mm. A temperatura média anual é de 20,5°C, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (CUNHA & MARTINS, 2009).

2.2 Origem da água de reúso

Avaliaram-se as características químicas da água residuária utilizada na irrigação de soja em sucessão ao trigo, cultivadas em vasos com capacidade volumétrica de 43 L e diâmetro superior de 0,44 m, em estufa agrícola.

A água residuária (AR) foi oriunda da saída da estação de tratamento de esgotos do município de Botucatu/SP, operada pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do

Estado de São Paulo), localizada na Fazenda Experimental Lageado pertencente à FCA/UNESP.

O sistema de tratamento de esgotos do município é constituído por um desarenador, seguido de tanque de equalização, reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA/UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) além de decantadores primário e secundário. Atualmente trata em torno de 386 L s^{-1} de esgoto, com vazão média de tratamento de 355 L s^{-1} , e máxima prevista de 588 L s^{-1} . A estação foi projetada para atender inicialmente 98.000 habitantes podendo chegar a 130.000 habitantes em 2035.

Ao sair da ETE o esgoto é lançado no Rio Lavapés que está enquadrado na Classe IV segundo o Decreto nº 10.755 de 22 de novembro de 1977 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. É um rio que há anos sofre com problemas de poluição, os quais foram amenizados desde que a ETE iniciou suas atividades em 2006.

2.3 Amostragem e análise

Na saída da ETE, a cada semana a água residuária era coletada com carro pipa e transportada até a área experimental, e disposta em reservatório de fibra de vidro com capacidade volumétrica de 1.000 L, o qual se encontrava do lado externo da estufa agrícola (Figura 2-A) O reabastecimento do reservatório ocorria geralmente às segundas-feiras.

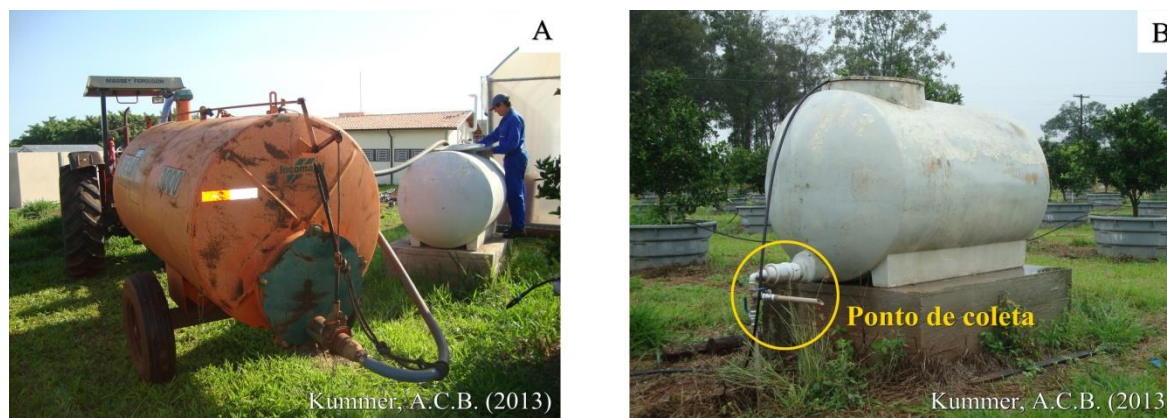


Figura 2 - Abastecimento do reservatório com água residuária por carreta tanque (A); Reservatório para armazenamento da água residuária e ponto de coleta das amostras para análise química (B).

Em dois períodos distintos (junho a agosto/2012 e dezembro/2012 a março/2013), compreendidos pelo tempo de ciclo de cada cultura, efetuaram-se coletas semanais da água residuária na saída do reservatório (Figura 2 B) para monitoramento e caracterização em termos de ferro (Fe) e manganês (Mn).

As coletas e a preservação das amostras seguiram metodologia descrita em APHA (2005). As análises químicas da água residuária foram realizadas em triplicata, de acordo com adaptações da metodologia proposta por Malavolta et. al (1997) para avaliação do estado nutricional das plantas. Assim, as análises do teor de Fe e Mn foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica.

A escolha desses dois elementos baseou-se no fato de que dentre os aspectos químicos utilizados como fatores determinantes da qualidade da água para irrigação bem como da escolha do sistema a ser adotado, o Fe e o Mn têm grande relevância.

2.4 Avaliação

Os resultados médios foram ordenados em função da data de coleta e representados em tabela indicando os dois períodos de avaliação. Em etapa seguinte, efetuou-se a média mensal dos teores de Fe e Mn, expressos em mg L^{-1} , apresentados em gráficos de barras.

Tendo em vista que o potencial de obstrução de emissores é uma das características limitantes no emprego da irrigação por gotejamento, utilizaram-se os resultados médios desse monitoramento para se avaliar o risco de entupimento bem como a adoção (ou não) da água residuária em substituição à água potável na irrigação localizada por gotejamento.

Essa avaliação foi realizada de forma comparativa com os critérios estabelecidos por Gilbert e Ford (1986) que estabeleceram os limites de qualidade da água de irrigação. Esses critérios abordam aspectos físicos (sólidos em suspensão), biológicos (população bacteriana) e químicos (pH, sólidos dissolvidos, Fe, Mn e H_2S), indicando os limites onde ocorre risco de entupimento severo, baixo ou moderado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da análise química das amostras da água de reúso coletadas na saída do reservatório que abastecia o sistema de irrigação localizada por gotejamento.

Tabela 1 – Valores médios dos teores de manganês e ferro na água de reúso

Data de coleta e amostragem	Elemento	
	Ferro	Manganês
(mg L ⁻¹)		
1º Período de avaliação		
15/06/2012	0,03	0,02
22/06/2012	0,55	0,04
29/06/2012	0,12	0,02
06/07/2012	0,35	0,02
20/07/2012	0,21	0,02
27/07/2012	0,35	0,02
03/08/2012	0,14	0,05
10/08/2012	0,36	0,02
17/08/2012	0,30	0,03
24/08/2012	0,10	0,05
31/08/2012	0,10	0,04
2º Período de avaliação		
04/12/2012	0,07	0,01
11/12/2012	0,25	0,02
18/12/2012	0,22	0,02
09/01/2013	0,17	0,01
23/01/2013	0,10	0,01
30/01/2013	0,07	0,02
06/02/2013	0,17	0,03
13/02/2013	0,35	0,03
20/02/2013	0,22	0,04
27/02/2013	0,21	0,03
06/03/2013	0,10	0,05
Máximo	0,55	0,05
Mínimo	0,03	0,01
Média geral	0,21	0,03

Os teores de Fe no primeiro e segundo períodos oscilaram entre uma semana e outra, com valores variando de 0,03 a 0,55 mg L⁻¹ (Tabela 1). Na penúltima semana de junho, no mês de julho e na segunda e terceira semanas de agosto/2012, os teores de manganês superaram 0,2 mg L⁻¹, indicando risco moderado de entupimento dos gotejadores de acordo com os critérios estabelecidos por Gilbert e Ford (1986) apresentados na Tabela 2.

O mesmo foi observado nas últimas semanas de dezembro de 2012 e de fevereiro de 2013, onde os teores de Fe também ultrapassaram 0,2 mg L⁻¹. Vale mencionar que em todos os meses de avaliação os teores de Fe não ultrapassaram 1,5 mg L⁻¹, o que não conferiu risco severo de entupimento aos emissores.

O íon Fe é um dos principais problemas na água de irrigação devido à sua capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas localizados (HERNANDEZ et al., 2001). O Fe em sua forma reduzida (Fe²⁺) ou solúvel não apresenta problemas; no entanto quando em contato com o oxigênio ocorre a oxidação para a forma insolúvel (Fe³⁺), trazendo como consequência o depósito nas paredes das tubulações e emissores, obstruindo a passagem de água (MOURA, et al., 2011).

Tabela 2 – Potencial de entupimento de emissores (gotejadores) em função dos parâmetros químicos ferro (Fe) e manganês (Mn)

		Fator químico de entupimento	
		Ferro (mg L ⁻¹)	Manganês
Risco de entupimento	Baixo	< 0,2	< 0,1
	Moderado	0,2 – 1,5	0,1 – 1,0
	Severo	> 1,5	> 1,0

Fonte: Adaptado de Gilbert e Ford (1986)

Ao se analisar a Figura 2, onde estão destacados os teores médios mensais, nota-se que os meses críticos foram os de julho/2012 e fevereiro/2013. Os valores encontrados principalmente no mês de julho são de fundamental importância para o estudo do potencial de entupimento de gotejadores, uma vez que dependendo da fase fenológica da cultura a demanda por água aumenta, e qualquer comprometimento negativo do sistema de distribuição de água pode acarretar em prejuízos irreversíveis na produção. Para Barboza et al. (2011) a presença de Fe pode comprometer a eficiência da irrigação, em especial em sistemas de gotejamento e de microaspersão.

Quanto ao manganês, este foi o elemento que apresentou teores bem reduzidos, não ultrapassando 0,05 mg L⁻¹ nos dois períodos de avaliação, conforme resultados da Tabela 1. Logicamente o mesmo foi observado para as médias mensais apresentadas na Figura 2. Thebaldi et al. (2013) avaliaram a influência do lançamento de efluente de abate de bovinos tratado sobre a qualidade da água para fins de irrigação e observaram que os teores de Mn na água variaram de 0,04 a 1,07 mg L⁻¹, constatando risco médio ou alto de entupimento de emissores pelo uso do efluente na irrigação localizada para manganês e ferro.

A presença de Mn está associada com componentes de ferro na água residuária. A disponibilidade desse elemento está relacionada ao equilíbrio com outros elementos, como por exemplo, o Fe, além de resultar da combinação com pH, ou seja, valores altos de pH favorecem a oxidação desse elemento, enquanto baixos valores contribuem para a redução.

Os resultados deste estudo em termos da presença de manganês na água de reúso indicaram baixo risco de entupimento dos emissores, assim como Kummer et al. (2012) também constataram em seu estudo sobre a qualidade da água residuária de estação de tratamento de esgotos na irrigação localizada de trigo. Os autores monitoraram as características químicas da água de reúso entre os meses de maio a outubro de 2011 e não

observaram teores de Fe e Mn que pudessem comprometer negativamente o sistema de irrigação por gotejamento.

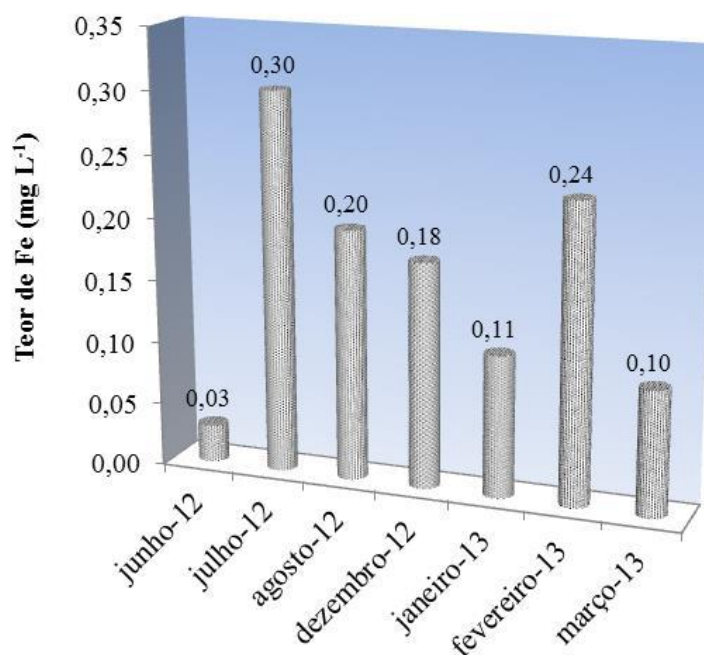


Figura 2 – Resultados médios mensais do teor de ferro (Fe) na água de reúso utilizada em irrigação localizada por gotejamento

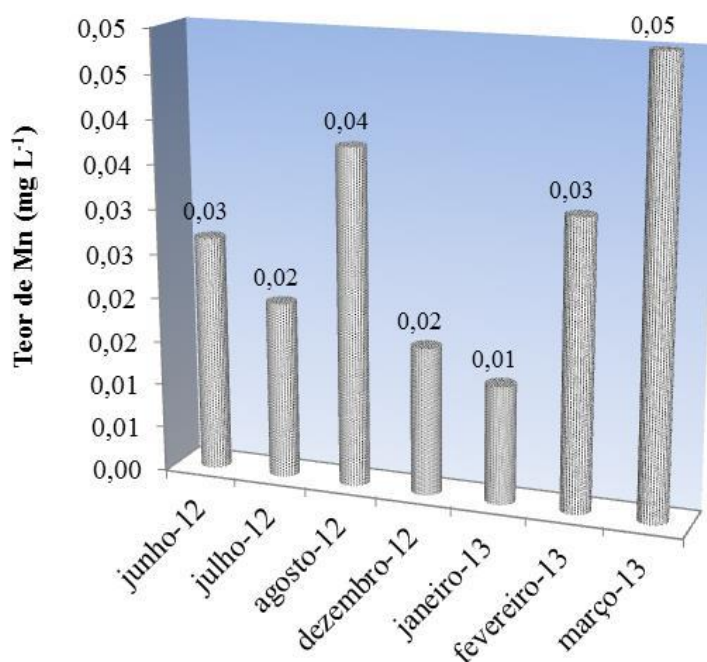


Figura 2 – Resultados médios mensais do teor de manganês (Mn) na água de reúso utilizada em irrigação localizada por gotejamento

O potencial de entupimento de emissores está relacionado não somente à presença de elementos químicos como Fe e Mn. Sabe-se que o pH, presença de sólidos suspensos e dissolvidos e bactérias podem obstruir fisicamente os emissores. Nesse sentido, a adoção de sistemas de filtragem e tratamento químico são de fundamental importância para minimizar os riscos de comprometimento do sistema de irrigação.

Quanto à utilização da água residuária em sistemas de irrigação localizada, muitas pesquisas devem ser realizadas a fim de se monitorar a qualidade da água principalmente em termos de Fe, elemento sempre presente nas análises realizadas. Embora se tenha constatado esse elemento em todas as semanas do monitoramento, os resultados não apontaram risco severo de entupimento de emissores pelo uso da água residuária na irrigação localizada por gotejamento.

4. CONCLUSÕES

- Os teores de Ferro (Fe) na água de reúso apontaram risco moderado de entupimento nos gotejadores;
- Em todo período de avaliação os teores de Manganês (Mn) não ultrapassaram 0,05 mg L⁻¹, não indicando risco severo ou moderado de entupimento dos emissores;
- A água de reúso pode ser uma boa alternativa de aproveitamento em sistemas agrícolas irrigados desde que examinados os critérios que limitam a aplicabilidade da água conforme o sistema adotado.

REFERÊNCIAS

American Public Health Association - APHA. *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater.* USA: Washington, 2005.

BARBOZA, G. C.; HERNANDEZ, F. B. T. & FRANCO, R. A. M. *Análise de riscos à sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do córrego do Coqueiro - SP.* Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.5, n. 1, p. 24-36, 2011.

CUNHA, A. R. & MARTINS, D. *Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP.* Irriga, Botucatu, V. 14, n.1, p.1-11, janeiro-março, 2009.

FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; SOUSA, J. T. & DANTAS, J. P. *Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro.* Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9 (suplemento), p.328-332, 2005.

GILBERT, R. G. & FORD, H. W. *Operational Principles/Emitter Clogging.* In: NAKAYAMA, F. S. BUCKS, D. A. *Trickle irrigation of crop production.* [S.I.]: Elsevier Science Publishers, 1986, 383 p.

HERNANDEZ, F.B.T.; SILVA, C. R.; SASSAKI, N. & BRAGA, R. S. *Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz de Iguaçu. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1CD-ROM.

KUMMER, A. C. B.; SILVA, I. P. F.; LOBO, T. F. & GRASSI FILHO, H. *Qualidade da água residuária para irrigação do trigo*. Revista Irriga, Botucatu, Edição Especial, p. 297-308, 2012.

LÉON S., G. & MOSCOSO CAVALLINI, J. *Tratamento e uso de águas residuárias*. Campina Grande: UFPB, 1999. 110p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MOURA, R. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G. & MACHADO, L. F. *Qualidade da água par uso em irrigação na microbacia do córrego do cinturão verde, município de Ilha Solteira*. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.5, n.1, p.68-74, 2011.

NICHELE, J. *Utilização de efluentes sanitários tratados para o suprimento de nutrientes à cultura do milho e modificações em propriedades químicas do solo*. 2009. 75f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PELISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D. & CREPALLI, M. S. *Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de eucalyptus grandis (W, Hill ex Maiden)*. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.2, p.288-300, abr./jun. 2009.

SILVA, P. J.; HERNANDEZ, F., B. T.; BARBOZA, G. C. & FRANCO, R. A. M. *Avaliação química da água do Córrego do Boi para fins de irrigação*. Unesp, Faculdade de Ilha Solteira. Disponível em: http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/boi_quimica_cic2009.pdf. Acesso em: 27 jan. 2012.

SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. S.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. A. & DINIZ, A. A. *Fertirrigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.2, p.200-208, 2012.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S. & AVELINO NETO, S. *Qualidade da água para irrigação de um córrego após receber efluente tratado de abate bovino*. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.33, n.1, p.109-120, jan./fev., 2013.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.