



## **Avaliação do risco de salinidade e sodicidade no uso de efluentes tratados na agricultura irrigada no município de Iguatu-CE**

*Evaluation of the salinity and sodicity risk in the use of effluents treated in irrigated agriculture in the municipality of Iguatu-CE*

**CAVALCANTE, Pedro Henrique Lima.**

Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem - Instituto Federal do Ceará, Campus Iguatu, e-mail: henrique.limacavalcante@hotmail.com

**CAVALCANTE, Kellison Lima. Mestre/Tecnólogo em Irrigação e Drenagem**

Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Licenciado em Biologia, Licenciado em Filosofia, Mestre em Tecnologia Ambiental - Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina, e-mail: kellison.cavalcante@ifsertao-pe.edu.br

### **RESUMO**

O reuso de água constitui uma alternativa potencial de racionalização na agricultura, assim, este trabalho objetivou discutir a técnica como instrumento de gestão ambiental e suas questões pertinentes, bem como os aspectos legais e normativos. Este trabalho objetivou a caracterização da qualidade dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Iguatu-CE, analisando os parâmetros de salinidade e risco de sodicidade. Para a classificação do efluente para irrigação em função dos riscos de salinidade e sodicidade foi utilizada a metodologia proposta por Richards (1954). A análise apresentou teores de CE (1,23 dS/m) e RAS (3,07) que classificam os esgotos no grau de restrição ao uso na irrigação de fraco à moderado e caracterizando uma água C3S1, de alta salinidade e baixa infiltração, com grau de restrição moderado quanto o uso na irrigação.

Palavras-chave: água; irrigação; desenvolvimento sustentável.

### **ABSTRACT**

The reuse of water constitutes a potential alternative of rationalization in agriculture, so this work aimed to discuss the technique as an instrument of environmental management and its pertinent questions, as well as legal and normative aspects. This work aimed to characterize the effluent quality of the Iguatu-CE Sewage Treatment Station, analyzing the parameters of salinity and risk of sodicity. The methodology proposed by Richards (1954) was used to classify the effluent for irrigation as a function of salinity and sodicity risks. The analysis presented levels of CE (1,23 dS/m) and RAS (3,07) that classified sewage in the degree of restriction to use in weak to moderate irrigation and characterized a C3S1 water, with high salinity and low infiltration, With moderate degree of restriction as to their use in irrigation.

keywords: water; irrigation; sustainable development.



## Introdução

A água potável, destinada às várias atividades humanas, é um recurso natural distribuído de maneira bastante heterogênea no espaço e no tempo. Podendo-se observar essas variações de distribuição no Semiárido brasileiro, onde a água é o principal fator limitante do desenvolvimento. Segundo Leite (2003), a demanda atual de água para o setor agrícola brasileiro representa 70% do volume total captado, com forte tendência para chegar a 80% em 2010. Assim, a aplicação de água de reuso em áreas agricultáveis torna-se uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para a disponibilidade hídrica. Considerando que a água disponível para a manutenção da vida e suas atividades relacionadas, como a agricultura irrigada, constitui uma fração mínima do total de água existente na Terra, observa-se que este é um recurso cada vez mais escasso, seja pelos processos de urbanização, com aumento da demanda, seja pela redução da oferta de água de boa qualidade, esta condicionada especialmente pela poluição dos reservatórios.

Como instrumento efetivo na gestão dos recursos hídricos, Nobre et al. (2010) destacam que o uso de água residuária na produção agrícola visa promover a sustentabilidade da agricultura irrigada, economizando águas superficiais não poluídas, mantendo a qualidade ambiental e servindo como fonte nutritiva às plantas.

No Brasil, essa prática ainda é recente, necessitando de mais informações técnico-científicas e estudos de longo prazo (FONSECA et al., 2007a) e também do reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática (HESPANHOL, 2002; 2003). Porém, estudos já realizados no país demonstram que a utilização de efluentes tratados na agricultura irrigada é uma prática viável (GLOAGUEN et al., 2007; FONSECA et al., 2007b; HERPIN et al. 2007).

A prática tem avançado com o conhecimento dos benefícios ambientais e as vantagens agronômicas. Toze (2006) destaca a viabilidade ecológica ao aplicar efluentes tratados na agricultura, ressaltando a sua destinação. Existem inúmeras experiências de reuso de água na agricultura, tais como em Bangladesh (MOJID; BISWAS; WYSEURE, 2012), China (DUNHU CHANG; ZHONG MA, 2012; YANCHUN WANG, 2012), Colômbia (SILVA; TORRES; MADERA, 2008), Espanha (CHÁVEZ et al., 2012), Grécia (AGRAFIOTI; DIAMADOPOULOS, 2012), Itália (CIRELLI et al., 2012), e Israel (KFIR et al., 2012).

O uso e aproveitamento dos efluentes de estação de tratamento de esgoto na irrigação é um método estudado com diversas culturas, como cana-de-açúcar (DEON et al., 2010; FREITAS et al., 2013; GOMES et al., 2009), girassol (ANDRADE et al., 2012; SOUZA et al., 2010), pimentão (SOUZA et al., 2006; DUARTE et al., 2008), flores ornamentais (CERQUEIRA et al., 2008; SANTOS et al., 2012), milho (COSTA et al., 2009; COSTA et al., 2012), pinhão-mansão (SILVA et al., 2011), mamona (RODRIGUES et al., 2009; SIMÕES et al., 2013, RIBEIRO et al., 2012), feijão (REBOUÇAS et al., 2010), café (MEDEIROS; SOARES; FERREIRA, 2008) e trigo (MOJID; BISWAS; WYSEURE, 2012). Consiste em uma prática que garante a produtividade das culturas, em razão do fornecimento de água e nutrientes (CAPRA; SCICOLONE, 2007; TELLES; COSTA, 2010), permitindo reduzir a fertilização



nitrogenada (DEON et al., 2010), bem como melhor destinação dos resíduos líquidos e minimização de problemas ambientais (MELO, 2010).

Os esgotos tratados contêm diversos componentes, os quais provêm da própria água e de ambientes naturais e concentrações que foram introduzidas a partir de atividades humanas e industriais. Para uma interpretação correta da qualidade da água para irrigação, quatro aspectos importantes devem ser considerados: salinidade, sodicidade, toxicidade e outros (pH e  $\text{HCO}_3$ ) (BRITES, 2008). Estas variáveis são fundamentais na determinação da qualidade da água de reuso que será destinada a irrigação. Assim, pode-se afirmar que os esgotos tratados quando aplicados ao solo para a irrigação de culturas pode substituir totalmente a água de irrigação e parcialmente a adubação através de alguns minerais presentes (SOUSA, 2004). Porém, a utilização das técnicas de reuso de água na irrigação deve ter a sua qualidade físico-química adequada ao uso de acordo com os critérios e padrões recomendados.

De acordo com Telles e Costa (2010) a água de reuso, tende a apresentar-se como uma alternativa às condições de disponibilidade hídrica, inserindo-se no contexto do desenvolvimento sustentável, propondo o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos. Os critérios de qualidade para reuso são baseados em requisitos de usos específicos, levando em consideração aspectos estéticos, ambientais e econômicos e na proteção a saúde pública (SOUSA, 2004). O reuso de água na agricultura com a aplicação de esgotos tratados tem o objetivo de garantir a produtividade e a sustentabilidade das culturas irrigadas (BENETTI, 2006). Mas é possível, adotando-se técnicas e práticas que avaliem possíveis impactos negativos ao sistema agrícola, bem como problemas ambientais e riscos a saúde pública, e suas medidas mitigadoras.

Pode-se dizer que do ponto de vista agrônômico e ambiental, estabelecendo-se um manejo adequado, os esgotos tratados constituem uma água residuária que pode substituir eficientemente a água de irrigação (PIVELI et al., 2008). Conforme Santos et al. (2006), a utilização do efluente tratado na agricultura consiste no combate à poluição e incentivo à produção agrícola. Assim, o uso de efluentes tratados na agricultura irrigada torna-se uma alternativa potencial de racionalização dos recursos hídricos, como técnica viável para o suprimento de água e fonte de nutrientes, inserindo-se no contexto do desenvolvimento sustentável, propondo o uso deste recurso de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações.

Cavalcante et al. (2012b), destacam que o uso de esgotos tratados na irrigação, faz-se necessária a elaboração e a avaliação de parâmetros para a adequação da água à sua finalidade, ressaltando a importância da caracterização dos efluentes usados de acordo com suas características físico-químicas. Dessa forma, o reuso de água na agricultura é possível, adotando-se técnicas e práticas que avaliem possíveis impactos negativos ao sistema agrícola, bem como problemas ambientais e riscos a saúde pública, e suas medidas mitigadoras (CAVALCANTE et al., 2012a).

Os nutrientes contidos nos efluentes de estações de tratamento de esgoto têm valor potencial para produções agrícolas. Verifica-se que com a utilização de corpos d'água, contendo esgoto sanitário, poderá não haver falta de nutrientes, possibilitando boa produtividade agrícola, sem gastos com fertilizantes (TELLES, 2011). No entanto, se faz necessário o acompanhamento e



investigação dos parâmetros com a finalidade de evitar perdas de produção e contaminação ambiental, com prejuízos a saúde humana e do meio ambiente. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo a caracterização da qualidade dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Iguatu-CE, analisando os parâmetros de salinidade e risco de sodicidade para uso na agricultura irrigada. Portanto, considerando os problemas de disponibilidade hídrica e as condições químicas dos efluentes tratados, a pesquisa pode contribuir para a mitigação de problemas de contaminação de solo, avaliando os riscos de salinidade e sodicidade provenientes do uso de efluentes de estações de tratamento de esgoto doméstico.

## Material e métodos

Este trabalho constitui uma pesquisa explicativa, através da avaliação e estudo aplicados de natureza quali-quantitativa. Por meio do método experimental, preocupou-se com a coleta de informações e o processamento de dados estatísticos. O trabalho foi realizado a partir da coleta e avaliação química dos efluentes tratados pela Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município de Iguatu-CE, localizado na região Centro-Sul do Estado do Ceará. O município possui apenas uma ETE que realiza o tratamento dos esgotos domésticos da área urbana, através de sistemas de filtragem com carvão ativo e descarrega os efluentes tratados no rio Jaguaribe. Foram realizadas três coletas em períodos com diferença de 15 dias, em garrafas pet de 2000 mL previamente higienizadas e realizada a tríplice lavagem do recipiente com água da fonte de coleta.

Após a coleta, a análise físico-química foi realizada no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do Instituto Federal do Ceará, *Campus* Iguatu. Os procedimentos para realização das coletas, transporte e armazenamento dos efluentes para as avaliações químicas seguiram as recomendações de padronização da NBR 9897/87 e NBR 9898/87 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987a; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987b). As análises realizadas estão listadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Métodos para análise química do efluente

| VARIÁVEIS                           | DETERMINAÇÃO  | REFERÊNCIAS                               |
|-------------------------------------|---|---|
| CE*                                 | Potenciometria  | American Public Health Association (2005) |
| Na <sup>+</sup>                     | Método direto por espectrofotometria de chama   | Silva (2009)                              |
| Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup> | Extração KCl 1 e espectrofotometria de absorção atômica após reação com solução de La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |   |

\*CE = Condutividade Elétrica

Fonte: elaborado pelo autor de acordo com American Public Health Association (2005) e Silva (2009).



O risco de sodicidade foi estimado através do teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio, estimando-se a razão de adsorção de sódio (RAS), conforme Equação 1.

$$RAS = (Na^+) / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{1/2} \quad (1)$$

Para a classificação do efluente para irrigação em função dos riscos de salinidade e sodicidade foi utilizada a metodologia proposta por Richards (1954), a mais utilizada em todo o mundo, recomendada pelo Laboratório de Salinidade dos EUA, que se baseia na CE, como indicadora do perigo de salinização, e RAS, como indicadora do perigo de sodificação do solo, conforme ábaco que apresenta um diagrama Cn-Sn, com *n* variando de 1 a 4.

Para a avaliação da adequabilidade do efluente como água para irrigação em função da salinidade e da sodicidade, as concentrações dos constituintes químicos foram interpretadas pelas diretrizes técnicas segundo University of California Committee of Consultants (1974) e estimados os graus de restrição para o uso na atividade agrícola.

**Quadro 1 - Descrição do quadro**

| Módulo | Atividades                         | CH (h) | Notas | Data |
|--------|------------------------------------|--------|-------|------|
|        | Questionário de Sondagem de perfil | -      | -     | -    |
|        | <b>Total</b>                       |        |       |      |

Fonte: Pesquisa direta.

## Resultados e discussão

Entende-se que os problemas mais sérios na irrigação são aqueles relativos a salinidade e a infiltração do efluente tratado no solo, associados a quantidade de sais dissolvidos na solução de irrigação e o teor elevado de Na em relação aos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ .

Para a interpretação da qualidade da água para irrigação a Tabela 1 apresenta os valores indicados nas análises para interpretação dos problemas de salinidade e riscos de sodicidade. Essas variáveis são fundamentais na determinação da qualidade agrônômica da água, principalmente para o reuso de efluentes.

**Tabela 1 - Resultado da análise físico-química das amostras de efluentes tratados de Iguatu-CE**

| INDICADOR                               | IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS |           |           |       |
|---|----------------------------|-----------|-----------|-------|
|   | AMOSTRA 1                  | AMOSTRA 2 | AMOSTRA 3 | MÉDIA |
| CE (dS/m)                               | 1,42                       | 1,14      | 1,14      | 1,23  |
| Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> /L)  | 5,65                       | 5,87      | 5,87      | 5,79  |
| Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> /L) | 3,49                       | 3,39      | 3,39      | 3,42  |
| Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> /L) | 3,50                       | 3,80      | 3,80      | 3,70  |



|     |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
| RAS | 3,02 | 3,10 | 3,10 | 3,07 |
|-----|------|------|------|------|

Fonte: dados da pesquisa

De acordo com a classificação de Richards (1954), em uma avaliação qualitativa, a salinidade da água de irrigação é determinada à medida que aumenta a concentração de sais e, conseqüente aumento da CE. Assim, as amostras coletadas dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto de Iguatu-CE foram classificadas como C3, de acordo com os valores. Padrão semelhante foi observado por Sousa et al. (2014) em avaliação da qualidade das águas usadas para irrigação em João Dias-RN, onde se constatou que 66,7% das águas avaliadas no período de estudo foram classificadas como C3.

Os efluentes das estações classificados como C3 possuem alta capacidade de salinidade dos solos, quando utilizados se farão necessárias práticas especiais de manejo de água e solo, sendo necessário o cálculo da necessidade de lixiviação (NL) do sistema, devendo ser utilizados na irrigação de culturas tolerantes aos sais. De acordo com Reichardt (1990), a salinidade afeta a disponibilidade de água à cultura e, portanto o desenvolvimento e produção das plantas e a qualidade do produto, se manifestando principalmente na redução do número de plantas e no desenvolvimento das culturas, com sintoma similar ao causado por estresse hídrico. Os riscos apresentados por esta classe de água podem ser amenizados quando do emprego do método de irrigação localizada mantendo o solo continuamente úmido.

Ainda existe o risco de sodicidade dos solos, que tem relação com a RAS da água de irrigação e se baseia no efeito do  $\text{Na}^+$  nas condições físicas do solo, causando problemas de infiltração pela redução da permeabilidade. De acordo com a classificação de Richards (1954), os efluentes estudados classificam-se como S1, com baixa capacidade de sodicidade dos solos ou com baixa concentração de sódio. Para Cordeiro (2001) uma água classificada com baixo teor de sódio pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação. Os três principais problemas causados pela dispersão induzida pelo sódio são a redução da infiltração, a redução da condutividade hidráulica e a presença de crosta superficial (REICHARDT, 1990). Para esse risco, podem ser usados para irrigação na maioria dos solos, com pouca probabilidade de se atingir níveis perigosos de sódio trocável. Entretanto, culturas sensíveis como fruteiras de caroço podem acumular quantidades prejudiciais de sódio (POMPEO, 2007).

Pela classificação da University of California Committee of Consultants (1974) os efluentes possuem moderada restrição de uso na irrigação quanto aos problemas de salinidade e sodicidade. Desse modo, existem parâmetros que estão nas faixas recomendadas e os que estão fora, mas que precisam ser ajustados e tratados para a devida adequação ao uso na irrigação. Com restrição moderada pode ocorrer grande acúmulo de sais no solo durante a irrigação, sendo necessária também a prática da drenagem nesse caso, para evitar a ascensão do lençol freático e conseqüente acúmulo de sais na superfície do solo.

Os efluentes que apresentam restrição moderada para o risco de salinidade podem depositar no solo grande quantidade de sais durante a irrigação, provocando acúmulo na zona radicular das



plantas. Novais et al. (2007) recomendam aplicar uma quantidade de efluente como água de irrigação maior que a consumida pelas plantas, principalmente no período de desenvolvimento, para que esse excesso possa carrear os sais para profundidades fora do alcance do sistema radicular. Varallo et al. (2010) destaca que a prática da drenagem é necessária nesse caso, para evitar a ascensão do lençol freático e consequente acúmulo de sais na superfície do solo.

De acordo com Singh, Deshbhratar e Ramteke (2012), os efluentes com a restrição moderada para o risco de sodicidade infiltrarão de forma lenta, ficando sobre o solo por um tempo relativamente longo, ocorrendo redução na produção de determinadas culturas que não recebem a quantidade de nutrientes necessárias, por isso a necessidade de identificar culturas propícias ao recebimento de efluentes tratados como água de irrigação.

## Conclusões

Efluentes tratados quando aplicados ao solo para a irrigação de culturas pode substituir totalmente a água de irrigação e parcialmente a adubação através de alguns minerais presentes. Porém, a utilização das técnicas de reuso de água na irrigação deve ter a sua qualidade adequada ao uso de acordo com os critérios e padrões recomendados. Os efluentes estudados foram classificados como de alta salinidade e de baixa sodicidade, enquadrando-se num grau de restrição ao uso na irrigação considerado moderado. Com isso, se usados na irrigação, podem afetar a disponibilidade de água à cultura e o seu desenvolvimento e produção. No entanto, é possível adequar o uso da água para a irrigação, proporcionando melhor fornecimento de água e nutrientes à produção agrícola, minimizando os riscos de salinidade do solo e problemas de infiltração de água. Dessa forma, os resultados obtidos subsidiam a importância de monitoramento dos parâmetros químicos, físicas e biológicos dos efluentes de estações de tratamento de esgoto domésticos quando usados como água de irrigação agrícola. Assim, é possível desenvolver futuros trabalhos que contemplem uma avaliação mais ampla dos níveis de N, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, S, B, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>, bem como parâmetros que afetem a produção agrícola, saúde e contaminação ambiental.

Neste sentido, o reuso de água insere-se como uma das alternativas mais viáveis para minimizar o problema da escassez hídrica. A utilização de efluentes tratados na agricultura irrigada pode ser considerada como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional e eficiente da água, compreendendo o controle de perdas e desperdícios, a minimização da produção de efluentes descarregados nos mananciais e a poluição hídrica, bem como a redução do consumo de água e a reciclagem de nutrientes presentes nos efluentes.

Observa-se que as estações de tratamento de esgotos têm papel fundamental na gestão do reuso de água, onde os efluentes tratados podem constituir forma de substituição do uso de águas destinadas para fins de irrigação. No entanto, são de fundamental importância o acompanhamento e o monitoramento das características restritivas dos efluentes tratados, com a finalidade de se evitar perdas na produção agrícola e contaminação do solo e do lençol freático.



## Referências

AGRAFIOTI, E.; DIAMADOPOULOS, E. A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 105, p. 57-64, 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21. ed. Washington: APHA, 2005. 1268 p.

ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, D. S.; NASCIMENTO, E. C. S. Crescimento de girassóis ornamental em sistema de produção orgânica e irrigada com água residuária tratada. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 69-82, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897**: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987a.

\_\_\_\_\_. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987b.

BENETTI, A. D. Reúso de águas residuárias na agricultura: cenário atual e desafios a serem enfrentados. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 2, 2006, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. p. 160-175.

BRITES, C. R. C. **Abordagem multiobjetivo na seleção de sistemas de reúso de água em irrigação paisagística no Distrito Federal**. 2008. 280 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 16, p. 1529-1534, 2007.

CAVALCANTE, K. L.; MACIEL, W. M.; MACIEL, H. M.; MATOS, M. J.; OLIVEIRA, M. S.; PINHEIRO FILHO, A. A. C. Análise físico-química da qualidade de efluentes para fins de reúso na irrigação no município de Iguatu-CE. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: IFTO, 2012a.

CAVALCANTE, K. L.; MACIEL, W. M.; MACIEL, H. M.; NOGUEIRA, D. H.; GOMES, G. E. Avaliação da qualidade de efluentes para fins de reúso na irrigação no município de Iguatu-CE. In: INOVAGRI - INTERNATIONAL MEETING, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IFCE, 2012b. 1 CD-ROM



CAVALCANTE, P. H. L.; CAVALCANTE, K. L.;

Avaliação do risco de salinidade e sodicidade no uso de efluentes tratados na agricultura irrigada no município de Iguatu-CE

CERQUEIRA, L. L. FADIGAS, F. S.; PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas resiuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.6, p.606-613, 2008.

CHÁVEZ, A.; RODAS, K.; PRADO, B.; THOMPSON, R.; JIMÉNEZ, B. An evaluation of the effects of changing wastewater irrigation regime for the production of alfalfa (*Medicago sativa*). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 113, p. 76-84, 2012.

CIRELLI, G. L.; CONSOLI, S.; LICCIARDELLO, F.; AIELLO, R.; GIUFFRIDA, F.; LEONARDI, C. Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 104, p. 163-170, 2012.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação (conceitos básicos e práticas)**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

COSTA, Z. V. B.; LIMA, K. S.; AZEVEDO, J.; MOTA, A. F.; COSTA, L. R.; ALVES, S. M. C. Atributos químicos do solo irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratada na cultura do milho. In: INOVAGRI - INTERNATIONAL MEETING, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IFCE, 2012. 1 CD-ROM.

DEON, M. D.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J. ; MONTES, C. R.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1149-1156, out. 2010.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p.302-310, 2008.

DUNHU CHANG; ZHONG MA. Wastewater reclamation and reuse in Beijing: influence factors and policy implications. **Desalination**, Amsterdam, v. 297, p. 72-78, 2012.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M.; VICTORIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomical-environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, p. 194-209, 2007a.



CAVALCANTE, P. H. L.; CAVALCANTE, K. L.;

Avaliação do risco de salinidade e sodicidade no uso de efluentes tratados na agricultura irrigada no município de Iguatu-CE

FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTEIRO, F. A.; MONTES, C. R.; ALMEIDA, V. V.; HERPIN, U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 87, p. 131-142, 2007b.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p.727-734, 2013.

GLOAGUEN, T. V.; FORTI, M. C.; LUCAS, Y.; MONTES, C. R.; GONÇALVES, R. A. B.; HERPIN, U.; MELFI, A. J. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 88, p. 119-131, 2007.

[GOMES, T. M.](#); [DEON, M. D.](#); [SUNDEFELD JR, G. C.](#); [MONTES, C. R.](#); [SILVA, E.](#); [PIVELI, R. P.](#); [MELFI, A. J.](#) Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. **Revista DAE**, v. 180, p. 19-25, 2009.

HERPIN, U.; GLOAGUEN, T. V.; FONSECA, A. F.; MONTES, C. R.; MENDONÇA, F. C.; PIVELI, R. P.; BREULMANN, G.; FORTI, M. C.; MELFI, A. J. Chemical effects on the soil-plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation: a pilot Field study in Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 89, p. 105-115, 2007.

HESPAHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, p. 411-437, 2003.

\_\_\_\_\_. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, out./dez. 2002.

KFIR, O.; TAL, A.; GROSS, A.; ADAR, E.. The effect of reservoir operational features on recycled wastewater quality. **Resources, Conservation and Recycling**, [S.l.], v. 68, p. 76-87, 2012.

LEITE, A. M. F. **Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A. utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 12, p. 109-115, 2008.



CAVALCANTE, P. H. L.; CAVALCANTE, K. L.;

Avaliação do risco de salinidade e sodicidade no uso de efluentes tratados na agricultura irrigada no município de Iguatu-CE

MELO, G. K. R. M. M. O reuso de água como instrumento de gestão dos recursos hídricos: necessidade de regulamentação do reuso para fins agrícolas. **Revista Educação Agrícola Superior**, Campina Grande, v. 25, n. 2, p. 93-98, 2010.

MOJID, M. A.; BISWAS, S. K.; WYSEURE, G. C. Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilisers on wheat cultivation in Bangladesh. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 134, p. 200-207, 2012.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARE, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 14, p. 747-754, 2010.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PIVELI, R. P.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; GOMES, T. M. Uma reflexão sobre a qualidade e uso de esgoto tratado por lagoas de estabilização na agricultura: caso de Lins/SP. **Revista DAE**, n. 177, p. 63-70, 2008.

POMPEO, R. P. **Avaliação técnica e econômica da utilização do efluente da ETE Martinópolis - São José dos Pinhais-PR**. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 97-102, jan.-mar., 2010.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188 p.

RIBEIRO, M. C. F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. O.; PEIXOTO, M. F. S. P.; PAZ, V. P. S.; Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.6, p.639-646, 2012.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, Handbook, v. 60, 1954. 160 p.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, (Suplemento), p.825-835, 2009.



SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T. de; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 2, (Suplemento especial), n. 1, p. 20-26, 2006.

SANTOS, O. S. N.; PAZ, V. P. S.; GLOAGUEN, T. V.; TEIXEIRA, M. B.; FADIGAS, F. S.; COSTA, J. A. Crescimento e estado nutricional de helicônia irrigada com água residuária trata em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.8, p.820-827, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

SILVA, J.; TORRES, P.; MADERA, C. Reuso de águas residuales domésticas em agricultura: una revisión. **Agronomía Colombiana**, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 347-359, 2008.

SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Crescimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p.621-629, 2011.

SIMÕES, K. S.; PEIXOTO, M. F. S. P.; ALMEIDA, A. T.; LEDO, C. A. S.; PEIXOTO, C. P.; PEREIRA, F. A. C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.518-523, 2013.

SINGH, P. K.; DESHBHRATAR, P. B.; RAMTEKE, D. S. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 103, p. 100-104, 2012.

SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N.; DANTAS, J. P.; LIMA, S. M. S. Reuso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum Annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.89-96, 2006.

SOUSA, T. P.; NETO, E. P. S.; SILVERA, L. R. S.; FILHO, E. F. S.; SILVA, J. N.; LINHARES, P. C. A.; MARACAJÁ, P. B. Análise da qualidade da água de irrigação em função de sua condutividade elétrica (concentração total de sais solúveis). **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n. 3, p. 82-88, 2014.



CAVALCANTE, P. H. L.; CAVALCANTE, K. L.;

Avaliação do risco de salinidade e sodicidade no uso de efluentes tratados na agricultura irrigada no município de Iguatu-CE

SOUZA, M. A. A. A imposição ambiental como fator indutor da implantação do reúso da água. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 3, 2004, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2004. p. 75-95.

SOUZA, R. M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, D. S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 125-133, abr.-jun., 2010.

TELLES, D. A. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: NUVOLARI, A. (Coord.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 507-528.

TELLES, D. A.; COSTA, R. P. (Coord.) **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p.

TOZE, S. Reuse of effluent water: benefits and risks. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, v. 80, p. 147-159, 2006.

YANCHUN WANG; MIN QIAO; YUNXIA LIU; YONGGUAN ZHU. Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from wastewater irrigated area, Beijing-Tianjin city cluster, China. **Journal of Environmental Sciences**, New York, v. 24, n. 4, p. 690-698, 2012.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. L. Alterações nos atributos de um latossolo vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 372-377, 2010.