



ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS RESTRITIVAS DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PETROLINA-PE PARA USO NA AGRICULTURA IRRIGADA

Kellison Lima Cavalcante¹; Magnus Dall'Igna Deon²; Héliida Karla Philippini da Silva³

RESUMO

A crescente necessidade dos recursos hídricos resultou na prática do uso de águas residuárias para a aplicação na agricultura irrigada. Este trabalho teve como objetivo identificar as características restritivas para o reuso agrícola dos efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Foi realizada a caracterização química mensal dos efluentes de quatro ETE de Petrolina-PE, para a identificação do grau de restrição, no período de um ano. Com as concentrações dos constituintes químicos do período, foi avaliada a adequabilidade do efluente como água para irrigação através das diretrizes técnicas segundo University of California Committee of Consultants (1974) e estimados os graus de restrição para o uso na atividade agrícola, identificando os problemas potenciais como salinidade, infiltração, toxicidade dos íons Na^+ e Cl^- , pH e entupimento por Fe^{2+} e Mn^{2+} , sobretudo aos efeitos de longo prazo na qualidade da fonte de água sobre a produção das culturas, nas condições e manejo agrícola. Os efluentes possuem moderada restrição de uso quanto aos problemas de salinidade, infiltração e toxicidade, já os problemas de entupimentos causados por Fe^{2+} e Mn^{2+} possuem severa restrição e o pH na faixa normal, dessa forma, para que sejam evitadas perdas no rendimento, um manejo adequado desses efluentes na irrigação é fundamental.

Palavras-chave: efluente, irrigação, reuso de água.

STUDY OF THE RESTRICTIVE CHARACTERISTICS OF THE EFFLUENTS OF SEWAGE TREATMENT STATIONS OF PETROLINA-PE FOR USE IN AGRICULTURE IRRIGATED

ABSTRACT

The increasing need for water resources resulted in the practice of using wastewater for application in irrigated agriculture. The objective of this study was to identify the restrictive characteristics for the agricultural reuse of effluents of Sewage Treatment Stations (STS). It was held the chemical characterization of effluents from five STS of Petrolina, PE, for the

¹Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestre em Tecnologia Ambiental, Instituto Federal do Sertão Pernambucano – IF Sertão-PE. E-mail: kellison.cavalcante@ifsertao-pe.edu.br;

²Doutor em Agronomia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido. E-mail: magnus.deon@embrapa.br;

³Doutora em Oceanografia, Instituto Senai de Tecnologias. E-mail: helidaphilippini@gmail.com.

identification of the degree of restriction, within a period of one year. With the concentrations of the chemical constituents of the period, the suitability of the effluent as water for irrigation was evaluated by the technical guidelines second University of California Committee of Consultants (1974) and estimated restriction degrees for use in agriculture, identifying potential problems as salinity, infiltration, toxicity of ions Na^+ and Cl , pH and clogging by Fe^{2+} and Mn^{2+} , especially the long-term effects on the quality of water supply for crop production under the conditions and agricultural management. The effluents have moderate restriction of use as the salinity problems, infiltration and toxicity, since clogging problems caused by Fe^{2+} and Mn^{2+} ions have severe restriction and pH within normal limits, thereby to losses are avoided in the yield, a management these effluents suitable for irrigation is essential.

Keywords: effluent, irrigation, water reuse.

INTRODUÇÃO

A água potável disponível para uso constitui uma fração mínima do total de água existente na Terra, observando-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, condicionada pela poluição dos mananciais. É importante a necessidade de reduzir a poluição hídrica, buscar alternativas viáveis de aumento da oferta e definir melhor destinação da água, favorecendo a sua manutenção e a melhoria da sua qualidade.

Nesse sentido, as águas poluídas podem recuperar sua qualidade e voltar aos sistemas aquáticos por meio de tratamento de esgotos, podendo ter múltiplos usos. Assim, os esgotos de origem essencialmente doméstica ou com características similares, após tratamento, chamados de efluentes de estações de tratamento de esgotos, podem ser reutilizados para fins que exigem água de qualidade não potável, mas sanitariamente segura e apropriada, tais como, a irrigação agrícola.

Como instrumento efetivo na gestão dos recursos hídricos, Nobre et al. (2010) destacam que o uso de efluentes tratados 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. 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).

Sistemas de reuso de água na agricultura, adequadamente planejados e administrados, proporcionam melhorias ambientais e nas condições de saúde, bem como nos aspectos econômicos. De acordo com Hespanhol (2003), destacam-se como vantagens a preservação dos recursos subterrâneos, a conservação do solo e o aumento da produção agrícola e de acordo com Dantas e Sales (2009), constitui método que minimiza a produção de efluentes e o consumo de água de qualidade superior. Pode-se dizer que do ponto de vista agrônomo e ambiental, estabelecendo-se um manejo adequado, os esgotos tratados podem substituir eficientemente a água de irrigação (PIVELI et al., 2008).

Os efluentes tratados apresentam uma proporção de nutrientes que geralmente não são adequadas para a produção e nutrição de determinadas culturas agrícolas. Assim, Cavalcante et al. (2012), destacam que o uso de esgotos tratados na irrigação, faz-se necessária a elaboração e a avaliação de alguns parâmetros para a adequação da água à sua finalidade, ressaltando a importância da caracterização dos efluentes usados de acordo com suas características químicas. Dessa forma, de acordo com University of California Committee of Consultants (1974), dentre os principais problemas que as águas de irrigação podem vir a causar estão a salinização dos

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS RESTRITIVAS DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PETROLINA-PE PARA USO NA AGRICULTURA IRRIGADA

solos e a redução da capacidade de infiltração, que podem ser evitados conhecendo-se o grau de restrição de determinada água.

Nesse sentido, Duarte et al. (2008) destacam que a irrigação com efluentes sem tratamento ou sem conhecimento de sua qualidade pode ser nociva ao meio ambiente, à saúde humana, ao solo, aos aquíferos e às culturas irrigadas. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo identificar as características restritivas para o reuso agrícola dos efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), para o conhecimento dos indicadores da qualidade do efluente tratado como fonte de água e nutrientes para a irrigação de culturas e minimização dos riscos no município de Petrolina-PE.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Petrolina-PE (Latitude 09° 23' 55" Sul e Longitude 40° 30' 03" Oeste), situada no Submédio do Vale do Rio São Francisco, que apresenta condições favoráveis para o fortalecimento da agricultura irrigada, exportando frutas tropicais principalmente para o mercado europeu. O estudo abrangeu coletas e avaliações qualitativas dos Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (EETE) e foram avaliados no Laboratório Agroambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido).

Foram coletados e avaliados os efluentes de 04 (quatro) Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na zona urbana de Petrolina-PE, para a caracterização química dos efluentes produzidos. Todas as ETEs selecionadas empregam lagoas de estabilização, diferindo quanto à configuração de tratamento das lagoas, conforme distribuição na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização e características das estações de tratamento de esgoto.

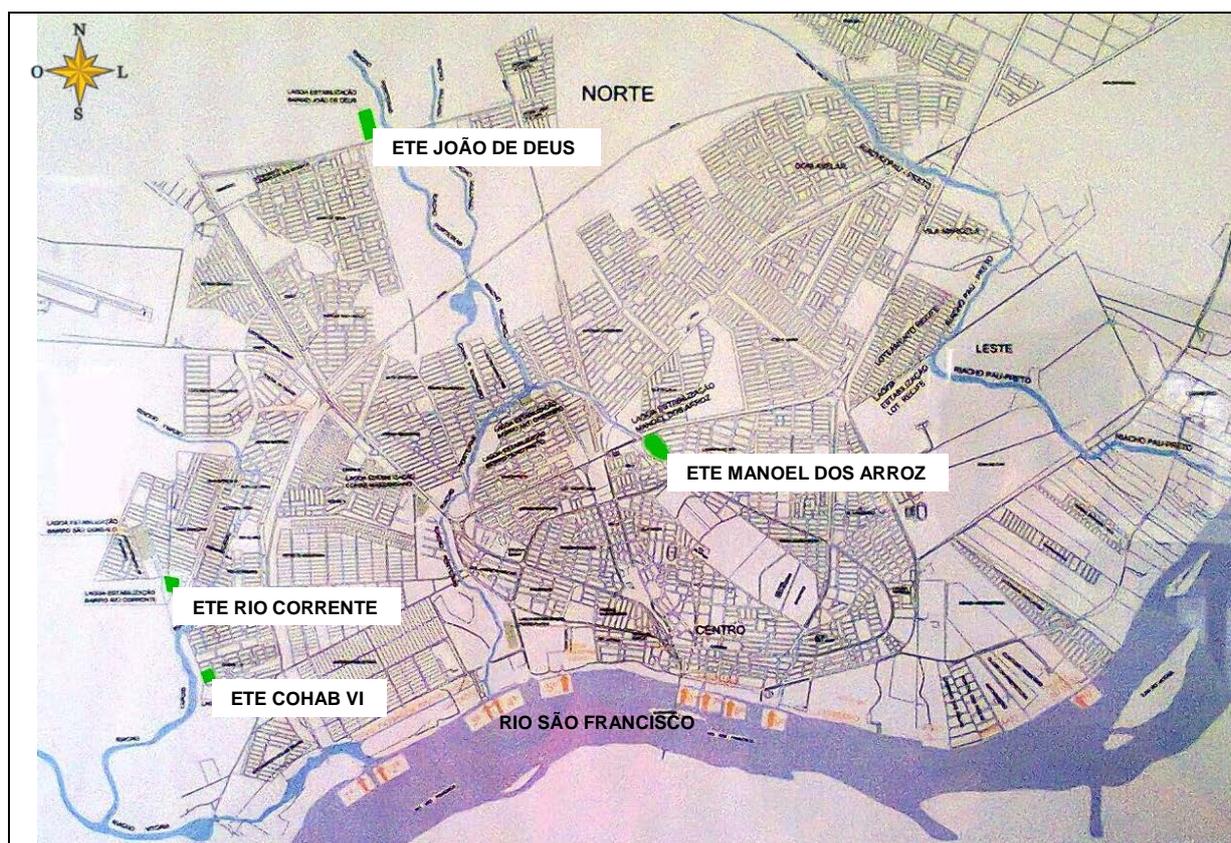
ETE	SISTEMA	LOCALIZAÇÃO	CONFIGURAÇÃO
João de Deus (JD)	João de Deus	09° 21' 05,8" S 40° 32' 02,4" W	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação
Manoel dos Arroz (MA)	Centro	09° 22' 44,2" S 40° 30' 25,4" W	Lagoa Facultativa
Rio Corrente (RC)	Centro	09° 23' 34,4" S 40° 33' 08,5" W	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação
Cohab VI (C6)	Cohab VI	09° 24' 05,7" S 40° 32' 59,2" W	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação

Fonte: elaborada pelo autor.

As ETEs selecionadas englobam uma diversidade de condições e processos de tratamento, proporcionadas pela origem dos esgotos e diferentes tipos e configurações dos sistemas de tratamento das lagoas. As ETEs da zona urbana têm o lançamento e a disposição do efluente realizado dentro da área de

contribuição da bacia do Rio São Francisco, através de canais e riachos que cruzam a cidade, onde ocorre o processo de diluição em águas fluviais, conforme Figura 1.

Figura 1 – Localização das estações de tratamento de esgoto (ETE) da Zona Urbana de Petrolina-PE



Fonte: adaptada de Prefeitura Municipal de Petrolina (2011).

As coletas foram realizadas mensalmente, no período de janeiro a dezembro, englobando as situações de maior precipitação mensal esperada (março = 136,3 mm), dois meses de baixa precipitação (junho = 5,1 mm e setembro = 5,6 mm) e um mês com precipitação próxima à média (novembro = 50,8 mm) segundo as normais climatológicas para a região de Petrolina-PE (RAMOS; SANTOS; FORTES, 2009).

Foram coletados 2 L de efluente em cada

ETE em frascos de polietileno previamente lavados em laboratório e armazenados em caixa plástica revestida de isopor para manutenção da temperatura durante o transporte. Em laboratório, cada amostra foi dividida em duas parcelas iguais, uma para avaliações imediatas e outra adicionada de 2 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e acondicionadas em temperatura de 4 a 10° C. As análises realizadas estão listadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Métodos para análise química do efluente

VARIÁVEIS	DETERMINAÇÃO	REFERÊNCIAS
CE* e pH	Potenciometria	American Public Health Association (2012)
Cl ⁻	Volumetria por titulação com solução de AgNO ₃	American Public Health Association (2012)
Na ⁺	Espectrofotometria de emissão em chama	
Ca ²⁺ e Mg ²⁺	Extrator KCl 1 e espectrofotometria de absorção atômica após reação com solução de La ₂ O ₃	Silva (2009)
Fe ²⁺ e Mn ²⁺	Extrator Mehlich 1 e medição direta por espectrofotometria de absorção atômica em chama	

*CE – Condutividade Elétrica; Fonte: elaborado pelo autor de acordo com American Public Health Association (2012) e Silva (2009)

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS RESTRITIVAS DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PETROLINA-PE PARA USO NA AGRICULTURA IRRIGADA

A Razão de Adsorção de Sódio (RAS), foi estimada através do teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio, em mmol.L^{-1} , conforme Equação 1.

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

Para a avaliação da adequabilidade do efluente como água para irrigação, 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, que podem ser nenhum, normal, moderado e severo.

As concentrações dos parâmetros de qualidade da água foram comparadas estatisticamente pelas médias e obtidos os

valores do Desvio Padrão (\pm DP), através do *software* estatístico SPSS for Windows Evaluation Edition – 14.0 (SPSS. INC., 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conhecimento das características químicas dos efluentes com o objetivo de reuso na agricultura irrigada torna-se de fundamental importância e necessidade. As condições dos EETE podem modificar o teor das condições do solo, vindo a afetar a qualidade e a produção das culturas irrigadas, muitas vezes inviabilizando a atividade em determinados locais e situações. Os principais indicadores da qualidade dos EETE de Petrolina-PE estão distribuídos na Tabela 3.

Tabela 3 – Características químicas dos efluentes das estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE (média \pm desvio padrão)

CARACTERÍSTICA	ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO			
	Manoel dos Arroz (MA)	João de Deus (JD)	Rio Corrente (RC)	Cohab VI (C6)
	----- (mg.L ⁻¹) -----			
Ca ²⁺	263,6 \pm 0,22	185,5 \pm 0,08	150,0 \pm 0,00	173,6 \pm 0,08
Mg ²⁺	155,5 \pm 0,08	112,7 \pm 0,02	100,0 \pm 0,01	87,3 \pm 0,02
Fe ²⁺	7,87 \pm 3,29	5,60 \pm 1,89	5,67 \pm 3,11	5,36 \pm 1,37
Mn ²⁺	5,70 \pm 1,60	6,60 \pm 2,04	7,23 \pm 0,11	5,87 \pm 1,64
Na ⁺	182,17 \pm 24,12	202,52 \pm 34,03	209,42 \pm 22,62	144,72 \pm 28,12
Cl ⁻	228,03 \pm 26,37	185,05 \pm 27,10	168,40 \pm 5,91	160,08 \pm 25,49
pH	7,26 \pm 0,28	7,31 \pm 0,28	7,01 \pm 0,06	7,27 \pm 0,24
CE* (dS.m ⁻¹)	1,00 \pm 0,10	1,05 \pm 0,09	0,94 \pm 0,04	0,98 \pm 0,08
RAS** (mmol.L ⁻¹)	3,68 \pm 1,06	6,01 \pm 3,30	4,63 \pm 0,67	3,31 \pm 0,75

*CE – Condutividade Elétrica; ** RAS – Razão de Adsorção de Sódio; Fonte: dados da pesquisa.

Para a irrigação, a qualidade dos efluentes tratados como substituto da água é determinada principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e a sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos nos efluentes domésticos e que podem prejudicar as atividades agrícolas são os de Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de

água através da modificação de processos osmóticos, ou quimicamente, por reações metabólicas tais como causadas por constituintes tóxicos. Os efeitos dos sais nos solos, causando variações na estrutura, permeabilidade e aeração do solo, afetam indiretamente o crescimento das plantas.

As diretrizes utilizadas na classificação do grau de restrição do efluente tratado

referem-se aos problemas potenciais como salinidade, infiltração, toxicidade dos íons Na^+ e Cl^- , pH e entupimento por Fe^{2+} e Mn^{2+} , sobretudo aos efeitos de longo prazo na

qualidade da fonte de água sobre a produção das culturas, nas condições e manejo agrícola, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Interpretação da qualidade do efluente tratado como água para irrigação

PROBLEMA POTENCIAL	CARACTERÍSTICA	GRAU DE RESTRIÇÃO PARA USO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO			
		Manoel dos Arroz (MA)	João de Deus (JD)	Rio Corrente (RC)	Cohab VI (C6)
Salinidade	CE*	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Infiltração	RAS** e CE	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Toxicidade	Na^+	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
	Cl^-	Nenhum	Moderado	Moderado	Nenhum
Entupimento	Fe^{2+}	Severo	Severo	Severo	Severo
	Mn^{2+}	Severo	Severo	Severo	Severo
	pH	Normal	Normal	Normal	Normal

*CE – Condutividade Elétrica; ** RAS – Razão de Adsorção de Sódio; Fonte: dados da pesquisa com base em University of California Committee of Consultants (1974).

Pela classificação da University of California Committee of Consultants (1974) os efluentes possuem moderada restrição de uso quanto aos problemas de salinidade e infiltração. Dessa forma, para que sejam evitadas perdas no rendimento, um manejo adequado desses efluentes na irrigação é fundamental.

Os efluentes que apresentam restrição moderada 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) destacam que a prática da drenagem é necessária nesse caso, para evitar a ascensão do lençol freático e conseqüente acúmulo de sais na superfície do solo.

Silva, Torres e Madera (2008) afirmam que os sais acumulados no solo, fornecidos pela água de irrigação inadequada afetam a germinação e a densidade das culturas, bem

como seu desenvolvimento vegetativo, reduzindo sua produtividade. O grau moderado de restrição deve ser observado com atenção na região de estudo, pois há predominância de baixas precipitações médias anuais e alto déficit hídrico, sendo características que colaboram para a formação de um solo salino, uma vez que grande parte da água, contendo sais, fica retida no solo, acumulando-se ao longo do tempo.

Os problemas com a infiltração aumentam de acordo com a salinidade e diminuem com a redução desta ou com o aumento da RAS. De acordo com Singh, Deshbhratar e Ramteke (2012), quando utilizados na irrigação, os efluentes com a restrição moderada 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.

De acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), teores relativamente altos de sódio ou baixo de cálcio no solo e água, reduzem a velocidade com que a água de irrigação atravessa a superfície do solo. Nesse sentido, com essa redução às raízes da plantas

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS RESTRITIVAS DOS EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PETROLINA-PE PARA USO NA AGRICULTURA IRRIGADA

pode não receber água suficiente entre as irrigações. Por isso a necessidade de identificar culturas propícias ao uso de efluentes tratados como água de irrigação.

Em relação aos problemas de toxicidade por Na, os efluentes possuem restrição moderada, podendo acarretar efeitos tóxicos nas culturas. Em relação a toxicidade por cloretos, os efluentes das estações MA e C6 não possuem restrição, já das estações JD e RC possuem restrição moderada. Contudo, conforme Novais et al. (2007) mesmo com efluentes que não apresentam restrição deve-se ter um manejo adequado, pois a toxicidade com esses íons pode se manifestar mesmo em quantidades relativamente baixas, por serem móveis no solo e facilmente absorvidos pelas raízes das culturas.

Os problemas de entupimentos causados por Fe^{2+} e Mn^{2+} possuem severa restrição ao uso desses efluentes na irrigação, por apresentarem teores acima de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$. De acordo com Novais et al. (2007), o Fe^{2+} e o Mn^{2+} , em teores elevados, precipitam devido mudanças de temperatura, pressão, teor de oxigênio, aumento no pH ou pela ação de bactérias e causa obstruções nas canalizações e emissores.

O pH indica a conveniência dos efluentes tratados como água para irrigação. Os efluentes foram classificados dentro da faixa normal, entre 6,5 e 8,4, evitando-se riscos de desequilíbrio nutricional. Valores de pH acima de 8,4 provocam entupimentos nos sistemas de irrigação, devido a precipitação de $CaCO_3$ e abaixo de 6,4 podem corroer os componentes metálicos dos sistemas (MALAVOLTA, 2006).

Assim, conforme com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), os parâmetros qualitativos da água possuem influência tanto no sistema de irrigação como também no sistema solo-planta. Dessa forma, sua análise torna-se essencial para garantir a eficiência da prática de reuso de água com efluentes tratados, necessitando-se ter uma visão multidirecional dos parâmetros constituintes por possuírem múltiplos efeitos.

CONCLUSÕES

Diante do crescente processo de escassez hídrica, torna-se discutível a necessidade de reduzir a poluição hídrica e buscar alternativas viáveis de aumento da oferta de água de modo a redefinir a utilização desse recurso natural. Com os estudos realizados foi possível concluir que os efluentes das estações de tratamento de esgoto (EETE) de Petrolina-PE apresentaram moderada restrição de uso quanto aos problemas de salinidade, infiltração e toxicidade por Na e Cl^- , sendo de fundamental importância a adoção de técnicas de manejo suficientes para se evitar perdas no rendimento. Os problemas de entupimentos causados por Fe^{2+} e Mn^{2+} possuem severa restrição ao uso desses efluentes na irrigação. Já o pH indica a conveniência dos efluentes tratados como água para irrigação. Nesse sentido, faz-se necessária a elaboração e a avaliação de alguns parâmetros para a adequação da água à sua finalidade, ressaltando a importância da caracterização dos efluentes usados de acordo com suas características físico-químicas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 22. ed. Washington: APHA, 2012. 1268 p.

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

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Fortaleza, v. 3, n. 3, p. 4-19, set./dez. 2009.

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.

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

MALAVOLTA, E. Adubação mineral e sua relação com doenças das plantas: a visão de um nutricionista de plantas. **Workshop A interface solo-raiz (rizosfera) e relações com a disponibilidade de nutrientes, a nutrição e as doenças das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1998. 60 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

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.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PETROLINA. Agência Reguladora do Município de Petrolina-PE. **Relatório 2 – Plano de saneamento básico do município**

de Petrolina-PE: sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Petrolina, 2011.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R. dos; FORTES, L. T. G. **Normais climatológicas do Brasil: 1961 - 1990**. Brasília, DF: INMET, Departamento Nacional de Meteorologia, 2009. 465 p.

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 residuais domésticas em agricultura: una revisión. **Agronomía Colombiana**, [S.I.], v. 26, n. 2, p. 347-359, 2008.

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.

SPSS. INC., 14.0 for Windows Evaluation Version [Computer program]; **SPSS**. Inc., 2005.

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 reuso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p. 507-528.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMMITTEE OF CONSULTANTS. **Guidelines for Interpretations of water Quality for Irrigation**. Technical Bulletin, California: UCCC, p. 20-28, 1974.

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