



Acidez e matéria orgânica de solo irrigado com efluente de estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE

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

¹Mestre em Tecnologia Ambiental – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina, e-mail: kellison.cavalcante@ifsertao-pe.edu.br;

²Doutor em Agronomia – Embrapa Semiárido, e-mail: magnus.deon@embrapa.br;

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

Resumo: A acidez e as condições de matéria orgânica do solo são fatores limitantes no crescimento e no desenvolvimento de plantas cultiváveis. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação com efluente de estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE sobre a acidez e matéria orgânica de solo cultivado com sorgo sacarino. Antes e depois da colheita foram avaliados os parâmetros de acidez ativa (pH), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) e matéria orgânica, para estimar a capacidade de alteração e contaminação do solo irrigado com o efluente sintético nas condições estudadas. Dessa forma, o uso de efluentes tratados afetaram as características de matéria orgânica e acidez potencial, podendo prejudicar o desenvolvimento vegetal e acarretando mineralização das condições do solo. Essa atividade requer o constante acompanhamento e monitoramento, principalmente nas condições do solo após o uso, para se evitar perda do solo e da produção agrícola.

Palavras-chave: reuso; agricultura irrigada; acidez.

Acidity and organic matter of irrigated soil with wastewater of sewage treatment plants of Petrolina-PE

Abstract: The acidity and the conditions of soil organic matter are limiting factors in the growth and development of cultivated plants. This work aimed to evaluate the effects of irrigation with effluent from sewage treatment plants Petrolina on acidity and organic matter of soil cultivated with sorghum. Before and after harvest were evaluated active acidity parameters (pH), exchangeable acidity (Al^{3+}), potential acidity ($H^+ + Al^{3+}$) and organic matter to estimate the change in capacity and contamination of irrigated soils with synthetic sewage in conditions studied. Thus, use of treated effluent affect the characteristics of organic matter and potential acidity and could adversely affect plant development and mineralization leading to the soil conditions. This activity requires constant monitoring and tracking, especially in soil condition after use, to prevent loss of soil and agricultural production.

Keywords: reuse; irrigated agriculture; acidity.

Introdução

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 (2002; 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 devido à substituição da água potável por água que já foi previamente usada.

Pode-se dizer que do ponto de vista agrônomo 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). De acordo com Segarra, Darwish e Ethridge (1996), a aplicação de águas residuais constitui alternativa para disposição dos efluentes tratados ou não, que pode ser ambientalmente correta e economicamente viável. Assim, pode-se acrescentar o uso sustentável dos recursos hídricos, estimulando o uso racional da água e principalmente o controle da poluição e dos impactos ambientais.

Conforme Santos et al. (2006), a utilização do efluente tratado na agricultura consiste no combate à poluição e incentivo à produção agrícola. Assim, de acordo com Medeiros et al. (2005) a aplicação de efluentes ao solo é vista como forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões semiáridas, reduzindo os custos com tratamento e ainda servir como fonte de nutrientes para as plantas reduzindo, assim, os custos, com a aquisição de fertilizantes químicos comerciais. Porém, é importante salientar que o reuso agrícola de forma indiscriminada pode causar problemas indesejados, como é o caso da acidificação do solo.

A acidez do solo, por sua vez, é um fator limitante no crescimento e no

desenvolvimento de plantas cultiváveis. Silva et al. (2013) destacam que entre os problemas de um solo ácido, destacam-se a menor disponibilidade de nutrientes essenciais, em especial fósforo e molibdênio, e a possibilidade de íons altamente solúveis em solos com baixo pH, como alumínio e manganês, atingirem níveis tóxicos às plantas.

A matéria orgânica do solo é um componente importante dos agroecossistemas por interferir tanto na qualidade do solo, e, por conseguinte, na produtividade das culturas, como na sustentabilidade ambiental (SANTOS et al., 2009).

Para o reaproveitamento de águas residuárias na agricultura é necessário que o seu tratamento seja eficaz (BERTONCINI, 2008). Assim, 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 à saúde pública, e suas medidas mitigadoras (CAVALCANTE et al., 2012a).

Nesse contexto, as formas que consistam em minimizar as cargas poluidoras dos recursos hídricos, como o reuso de água, promoverá o desenvolvimento de modelos sustentáveis como prioriza a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (2012), preconizados na Agenda 21, que destacam a proteção da qualidade das fontes de água de abastecimento, mencionando a importância do reuso e recomendando a implementação de práticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação com efluente de estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE sobre a acidez e matéria orgânica de solo cultivado com sorgo sacarino.

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. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima nesta área apresenta-se como Tropical Semiárido, tipo BshW, seco e quente (REDDY; AMORIM NETO, 1993), caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações, com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas.

O estudo abrangeu coletas e avaliações qualitativas de quatro Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na zona urbana de Petrolina-PE, operadas pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), Gerência Regional do Vale do São Francisco, e uma na Embrapa Semiárido, para a caracterização química dos efluentes produzidos e a condução de experimento em casa de vegetação na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido (Embrapa Semiárido). Todas as

ETEs selecionadas empregam lagoas de estabilização, diferindo quanto à configuração de tratamento das lagoas.

O experimento com a cultura do sorgo sacarino irrigado com efluente sintético foi desenvolvido em ambiente protegido de casa de vegetação com estrutura de vidro e com climatização evaporativa para 25° C, na Embrapa Semiárido, montado em vasos sobre bancadas, contendo solo coletado no horizonte superficial de um Argissolo Amarelo, textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012), proveniente do Campo Experimental de Bebedouro. Amostras de solo foram coletadas e submetidas à análise química antes do plantio. Os tratamentos foram constituídos de 4 níveis de salinidade (CE – dS.m⁻¹) e 4 concentrações de nitrogênio mineral produzidos pela alteração da solução que simulou a composição média dos efluentes e uma testemunha (T) com água de abastecimento. Foram utilizadas as Condutividades Elétricas da solução iguais a 50, 100, 150 e 200% da encontrada nos efluentes e concentrações de nitrogênio iguais a 50, 100, 150 e 200% da encontrada nos efluentes, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos tratamentos do experimento

Tratamento	Condutividade Elétrica (%)	Nitrogênio (%)
T	da água de abastecimento	da água de abastecimento
S1N1	50	50
S1N2	50	100
S1N3	50	150
S1N4	50	200
S2N1	100	50
S2N2	100	100
S2N3	100	150
S2N4	100	200
S3N1	150	50
S3N2	150	100
S3N3	150	150
S3N4	150	200
S4N1	200	50
S4N2	200	100
S4N3	200	150
S4N4	200	200

Fonte: elaborada pelo autor.

A composição orgânica foi formulada a partir de um concentrado a base de proteínas, carboidratos e lipídeos, utilizado em laboratório, no estudo de sistemas de tratamento de esgotos sanitários e adaptado das metodologias de Barboza e Forest, 2001; Marchetto et al., 2003 e Silva et al., 2005.

A composição química foi obtida a partir de soluções estoque de KH_2PO_4 (1,0

mol.L^{-1}), NaH_2PO_4 (1,0 mol.L^{-1}), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (1,0 mol.L^{-1}), MgSO_4 (1,0 mol.L^{-1}), CaSO_4 (0,01 mol.L^{-1}), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (1,0 mol.L^{-1}), NH_4NO_3 (1,0 mol.L^{-1}), KCl (1,0 mol.L^{-1}), CaCl_2 (1,0 mol.L^{-1}), NaCl (1,0 mol.L^{-1}) e MgCl_2 (1,0 mol.L^{-1}), conforme os tratamentos e a Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química do efluente sintético

Tratamentos	Solução Estoque (mL/L)										
	KH_2PO_4	NaH_2PO_4	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	MgSO_4	CaSO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	NH_4NO_3	KCl	CaCl_2	NaCl	MgCl_2
S1N1	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	-	-	-	-	-
S1N2	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	1,98	-	-	-	-
S1N3	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	3,96	-	-	-	-
S1N4	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	5,93	-	-	-	-
S2N1	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	-	1,16	1,47	4,06	1,80
S2N2	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	1,98	1,16	1,47	4,06	1,80
S2N3	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	3,96	1,16	1,47	4,06	1,80
S2N4	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	5,93	1,16	1,47	4,06	1,80
S3N1	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	-	2,32	2,94	8,11	3,59
S3N2	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	1,98	2,32	2,94	8,11	3,59
S3N3	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	3,96	2,32	2,94	8,11	3,59
S3N4	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	5,93	2,32	2,94	8,11	3,59
S4N1	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	-	3,48	4,41	12,17	5,39
S4N2	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	1,98	3,48	4,41	12,17	5,39
S4N3	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	3,96	3,48	4,41	12,17	5,39
S4N4	1,16	4,06	2,51	1,80	1,47	0,72	5,93	3,48	4,41	12,17	5,39

Fonte: elaborada pelo autor.

Dessa forma, utilizou-se sais minerais para alteração da CE, mas mantendo-se a proporção de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , para não produzir variações na proporção entre os cátions. Para alteração na concentração de nitrogênio, foram utilizadas diferentes proporções de NH_4NO_3 .

Os efluentes sintéticos utilizados na irrigação do experimento foram calculados com o objetivo de obter-se CE de 0,42; 0,83; 1,25 e 1,66 dS.m^{-1} e RAS de 3,18; 4,49; 5,49 e 6,35 mmol.L^{-1} para os tratamentos S1, S2, S3 e S4, respectivamente, Nitrogênio Total de 55,42; 110,84; 166,26 e 221,68 mg.L^{-1} para os

tratamentos N1, N2, N3 e N4, respectivamente, e Demanda Química de Oxigênio de 79,74 mg.L^{-1} . Esses parâmetros foram acompanhados e avaliados mensalmente, durante as avaliações dos efluentes das estações de Petrolina-PE.

As amostras de solo foram coletadas no início do experimento e após a colheita do sorgo sacarino, no solo de cada vaso, na profundidade de 0 – 20 cm seguindo os procedimentos recomendados por Filizola, Gomes e Souza (2006). No solo foram analisados os parâmetros de acidez ativa (pH), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H^+ + Al^{3+}) e matéria orgânica, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Métodos para análise química do solo

Variável	Extrator	Método
pH	Suspensão solo/água na proporção de 1:2,5	Potenciometria
Matéria Orgânica	Oxidação a CO ₂ por íons bicromato de potássio	Volumetria por titulação com solução de (NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ .6H ₂ O (Walkley-Black)
Al ³⁺	KCl 1 mol/L ⁻¹	Volumetria por titulação com NaOH
H ⁺ + Al ³⁺	Solução de [(CH ₃ COO) ₂ Ca.H ₂ O]	

Fonte: elaborado pelo autor de acordo com Silva (2009).

Resultados e Discussão

Conforme Souza (2004), os nutrientes provenientes dos efluentes podem ser transformados em recurso econômico ambientalmente seguro, desde que seja observada política criteriosa de reutilização de efluentes na agricultura. A acidez do solo se relaciona com a disponibilidade de bases e a capacidade de troca catiônica. Assim, na avaliação das características de acidez do solo são consideradas a acidez ativa (pH), a trocável

(Al³⁺), a capacidade tampão, estimada por meio da acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) e o teor de matéria orgânica (ALVAREZ et al., 1999).

A avaliação do uso de efluentes na irrigação foi realizada no solo antes e depois da aplicação no experimento, com os dados distribuídos na Tabela 3. Com os dados, é possível estimar os efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade do sorgo sacarino.

Tabela 3 – Análise das propriedades químicas do solo (média ± desvio padrão)

Amostra	Característica avaliada			
	pH	MO* (g.kg ⁻¹)	Al ³⁺ (cmolc.dm ⁻³)	H ⁺ + Al ³⁺ (cmolc.dm ⁻³)
Inicial	5,40	6,30	0,00	1,40
T**	5,10	7,11	0,05	1,67
S1N1	4,70	8,98	0,22	1,73
S1N2	4,50	10,8	0,22	1,73
S1N3	4,60	11,5	0,22	1,80
S1N4	4,77	12,9	0,23	1,73
S2N1	4,49	9,67	0,23	1,97
S2N2	4,65	11,4	0,23	2,07
S2N3	4,57	13,3	0,20	2,03
S2N4	4,63	13,9	0,20	2,13
S3N1	4,47	10,1	0,22	2,23
S3N2	4,59	11,7	0,20	2,23
S3N3	4,68	13,8	0,23	2,30
S3N4	4,59	14,5	0,17	2,23
S4N1	4,17	10,6	0,20	2,37
S4N2	4,36	12,1	0,18	2,43
S4N3	4,60	13,9	0,20	2,40
S4N4	4,64	14,8	0,22	2,47
DP*** (±)	0,16	1,91	0,04	0,26
CV**** (%)	3,54	16,49	19,05	12,43

Fonte: dados da pesquisa

* MO = Matéria orgânica;

** T = Testemunha;

*** DP = Desvio padrão;

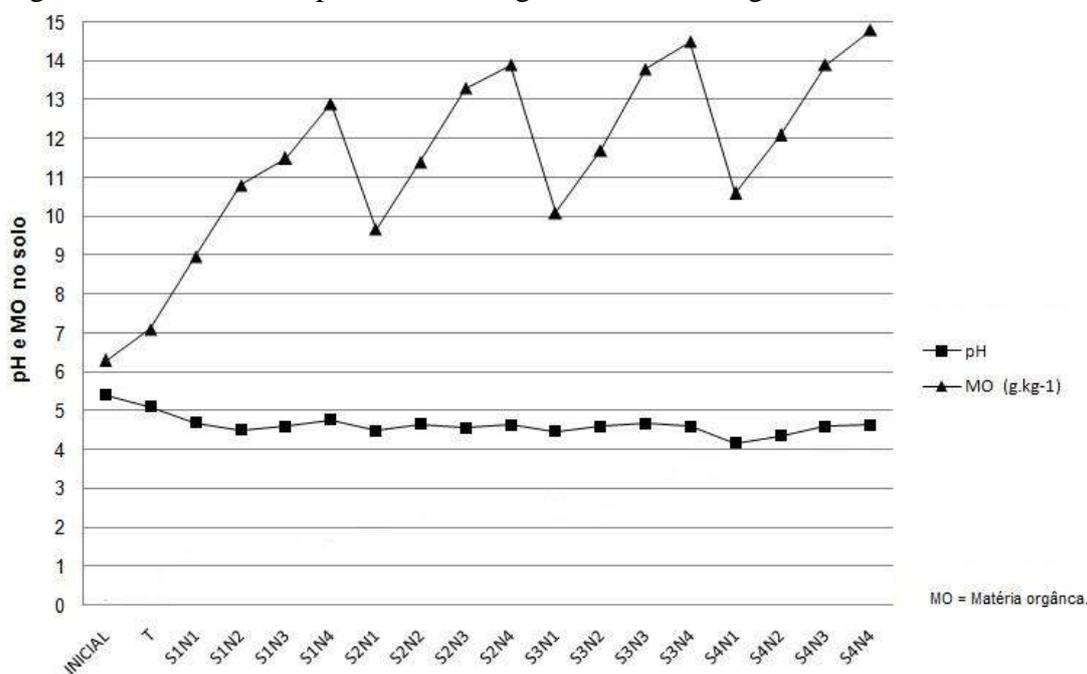
**** CV = Coeficiente de variação.

Dessa forma, com essa avaliação estatística é possível avaliar a capacidade de alteração e contaminação do solo irrigado com o efluente sintético nas condições estudadas das estações de tratamento de esgoto de Petrolina-PE. É notável a diferença do solo inicial e do tratamento testemunha em relação às parcelas de solo que receberam a aplicação dos efluentes dos tratamentos.

Com a Figura 1, é possível observar a dinâmica do pH e da MO antes e após a aplicação do efluente sintético, nas condições das ETE estudadas. O pH sofreu redução em função da aplicação do efluente, como Varallo et al. (2010) e Varallo, Souza e Santoro (2012),

que observaram redução no pH do solo após aplicação de água de reuso proveniente de esgotos tratados. De acordo com Santos e Pereira (2004), a redução do pH do solo irrigado com água de reuso pode estar relacionada à nitrificação de fontes de N do solo, explicado pelos teores de N dos tratamentos. No entanto, a MO no solo foi alterada a medida que aumentava-se distribuição de N nos tratamentos, em conformidade com Azevedo e Oliveira (2005) que ao aplicarem esgoto tratado no solo observaram aumento de matéria orgânica ao final do experimento.

Figura 1 – Dinâmica de pH e matéria orgânica no solo irrigado com efluente sintético

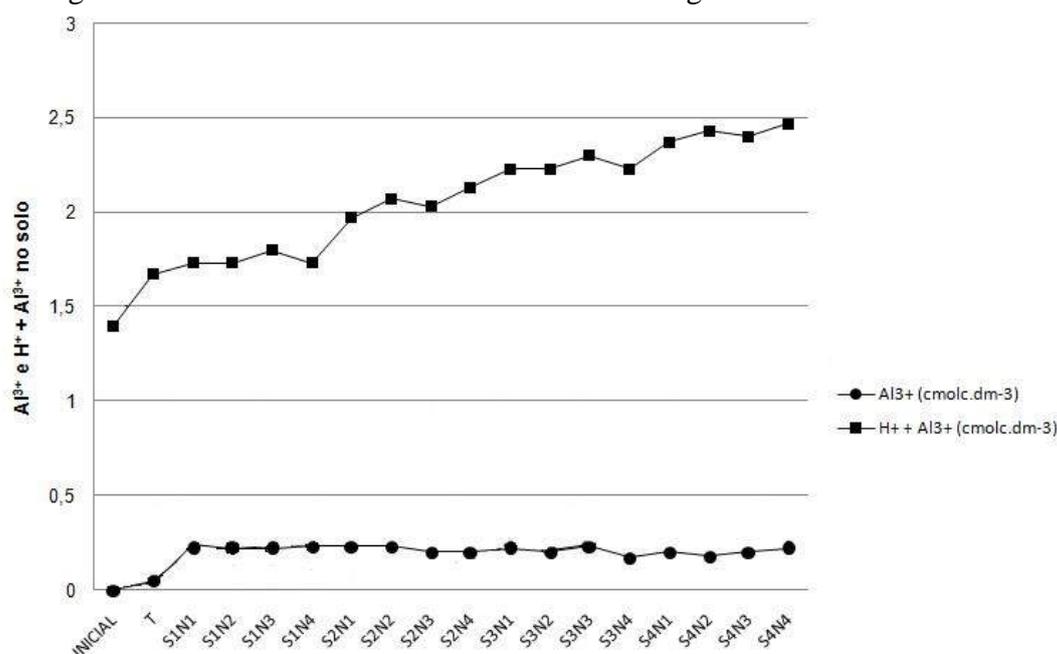


Fonte: dados da pesquisa

Com relação ao pH do solo, a aplicação do efluente como irrigação não influenciou significativamente, com pequena redução. Resultados distintos foram obtidos por Medeiros et al. (2005), que estudando os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de água residuária doméstica nas características químicas do solo, constataram que, em comparação ao manejo convencional (calagem + irrigação com água de represa), o manejo com água residuária foi mais efetivo no aumento do pH do solo em todas as faixas de

profundidade monitoradas, resultados semelhantes aos dele foram obtidos por Fonseca (2001) e Garcia et al. (2008), confirmando a capacidade de elevação de pH dos efluentes secundários. Já o teor de matéria orgânica aumentou em função do aumento do incremento de nitrogênio no solo.

Na Figura 2 está sintetizada a dinâmica de Al^{3+} e H^+ Al^{3+} no solo, onde pode-se observar que não houve significância na variância da acidez trocável e aumento na potencial.

Figura 2 – Dinâmica de Al^{3+} e $H^+ Al^{3+}$ no solo irrigado com efluente sintético

Fonte: dados da pesquisa

No geral, não foi estatisticamente significativo a variação da acidez trocável, relacionada a pequena mudança nos valores de pH entre os tratamentos das amostras. Essa constância na acidez trocável foi observada por Falkiner e Smith (1997), quando pesquisaram o efeito da irrigação com efluente tratado numa plantação de Pinus e Eucalipto. No caso da acidez potencial houve diferença entre as médias gerais dos tratamentos, com aumento à medida que os tratamentos se tornavam mais salinos e com maior carga de nitrogênio.

Conclusões

Com os estudos foi possível observar que as variações entre as médias gerais dos tratamentos foram mais pronunciadas quando comparado os níveis de salinidade e de nitrogênio na composição do nitrogênio. Assim, a aplicação de efluentes de estações de tratamento de esgoto doméstico na irrigação de sorgo sacarino afetaram as características da matéria orgânica e da acidez potencial, podendo prejudicar o desenvolvimento vegetal

e acarretando mineralização das condições do solo.

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. Porém, essa atividade requer o constante acompanhamento e monitoramento, principalmente nas condições do solo após o uso, para se evitar perda do solo e da produção agrícola.

Referências

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. 1999. **Recomendações para o uso de**

corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação. Editora UFV, 1999. p. 25-32.

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 253-263, 2005.

BARBOZA, M. G.; FORESTI, E. Uso de reator acidogênico horizontal tubular como unidade de pré-tratamento de esgoto sintético simulando esgoto sanitário. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 152-169, 2008.

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 reuso 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 reuso na irrigação no município de Iguatu-CE. In: INOVAGRI – INTERNATIONAL MEETING, 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: IFCE, 2012b. 1 CD-ROM

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em 26 jul. 2012.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa exploratório: reconhecimento de solos do município de Petrolina, PE**. Recife, 2001. 1 mapa. Escala: 1:100.000. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/pe/petrolina.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169 p.

FONSECA, A. F. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. 2001. 110f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; RUIZ, H. A.; MARTINS FILHO, S. Alterações químicas em três solos decorrentes da aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. **Engenharia na Agricultura**, v.16, p.416-427, 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.

_____. 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.

MARCHETTO, M.; GIANOTTI, E. P.; CAMPOS, J. R.; PIRES, R. C.; MORAES, E. M. Estimate of denitrifying microbiota in

tertiary sewage treatment and kinetics of the denitrification process using different sources of carbon. **Brazilian Journal Microbiology**, São Paulo, v. 34, n. 2, 2003.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n.9, v.4, p.603-612. 2005.

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.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 1993. 280 p.

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, L. M.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M. B. P.; MONTES, C. R.; MELFI, A. J. MARTIN-NETO, L. Caracterização química e espectroscópica de solos irrigados com efluente de esgoto tratado. **Eclética Química**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 39-44, 2009.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.

SEGARRA, E.; DARWISH, M. R.; ETHRIDGE, D. E. Returns to municipalities from integrating crop production with wastewater disposal. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 17, n. 2, p. 97-107, 1996.

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, M. F. B.; NASCIMENTO, A. M.; COSTA, J. S. M.; SILVA, V. L.; MOTTA, M. Avaliação do tratamento de ETE Caçote através de estudo em unidade piloto. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005. CD Rom.

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.

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

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.

VARALLO, A. C. T.; SOUZA, C. L.; SANTORO, B. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reúso na cultura da alface-crespa. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 271-279, 2012.