

AVALIAÇÃO DA ACIDEZ DE SOLO IRRIGADO NAS CONDIÇÕES DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PETROLINA-PE

Kellison Lima Cavalcante¹; Magnus Dall'Igna Deon²; Héliida Karla Philippini da Silva³; João Victor da Cunha Oliveira⁴

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

⁴Graduando em Tecnologia em Construção de Edifícios – Instituto Federal da Paraíba, e-mail: joaovictorwo@gmail.com

INTRODUÇÃO

Conforme Santos et al. (2006), o tratamento de esgoto e a utilização do efluente tratado na agricultura são medidas que se apresentam como forma de combate à poluição e incentivo à produção agrícola. Incentivar a agricultura é fundamental para a atualidade, principalmente, quando associado à fertirrigação com nutrientes advindos do próprio esgoto. Com isso, o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que visem promover o aumento da produtividade agrícola, consiste em uma alternativa que favorece o desenvolvimento local sustentável.

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, podendo reduzir 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.

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).

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 de solo cultivado com sorgo sacarino.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas coletas e avaliações qualitativas de quatro estações de tratamento de esgoto (ETE) na zona urbana de Petrolina-PE e uma na Embrapa Semiárido, para a caracterização química dos efluentes e experimento em casa de vegetação. 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 baseado na composição média dos efluentes 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). 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.

A composição orgânica foi formulada a partir de um concentrado 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 KH₂PO₄ (1,0 mol.L⁻¹), NaH₂PO₄ (1,0 mol.L⁻¹), NH₄H₂PO₄ (1,0 mol.L⁻¹), MgSO₄ (1,0 mol.L⁻¹), CaSO₄ (0,01 mol.L⁻¹), (NH₄)₂SO₄ (1,0 mol.L⁻¹), NH₄NO₃ (1,0 mol.L⁻¹), KCl (1,0 mol.L⁻¹), CaCl₂ (1,0 mol.L⁻¹), NaCl (1,0 mol.L⁻¹) e MgCl₂ (1,0 mol.L⁻¹). Dessa forma, utilizou-se sais minerais para alteração da CE, mas mantendo-se a proporção de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺, para não produzir variações entre os cátions. Para alteração na concentração de nitrogênio, foram utilizadas diferentes proporções de NH₄NO₃.

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, NTK de 55,42; 110,84; 166,26 e 221,68 mg.L⁻¹ para os tratamentos N1, N2, N3 e N4, respectivamente, e DQO de 79,74 mg.L⁻¹, que foram os parâmetros verificados e avaliados mensalmente, durante as avaliações dos EETE.

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 (Al³⁺) e acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Métodos para análise química do solo

VARIÁVEL	EXTRATOR	MÉTODO	REFERÊNCIA
pH	Suspensão solo/água na proporção de 1:2,5	Potenciometria	Silva (2009)
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).

Os testes estatísticos foram realizados através do *software* estatístico SPSS for Windows Evaluation Edition – 14.0, considerando a probabilidade de erro (p) menor ou igual (≤) a 5 %

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Souza (2004), a carga de nutrientes provenientes dos efluentes poderá ser transformada em recurso econômico ambientalmente seguro, desde que seja observada política criteriosa de reutilização de efluentes na agricultura. Dessa forma, pode-se reduzir a necessidade de uso de fertilização mineral, aumentando a qualidade de certas culturas.

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 considerados a acidez ativa (pH), a trocável (Al^{3+}), a capacidade tampão, estimada por meio da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) (ALVAREZ et al., 1999). A avaliação do uso de efluentes na irrigação foi realizada a avaliação do solo antes e depois da aplicação no experimento, com os dados distribuídos na Tabela 1. Dessa forma, é possível estimar os efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade do sorgo sacarino.

Tabela 1 – Análise das propriedades químicas do solo inicial e após a aplicação do efluente sintético (média ± desvio padrão)

AMOSTRA	CARACTERÍSTICA AVALIADA		
	pH	Al^{3+} ----- cmol _c .dm ⁻³ -----	$H^+ + Al^{3+}$
INICIAL	5,40	0,00	1,40
T*†	5,10	0,05	1,67
S1N1	4,70	0,22	1,73
S1N2	4,50	0,22	1,73
S1N3	4,60	0,22	1,80
S1N4	4,77	0,23	1,73
S2N1	4,49	0,23	1,97
S2N2	4,65	0,23	2,07
S2N3	4,57	0,20	2,03
S2N4	4,63	0,20	2,13
S3N1	4,47	0,22	2,23
S3N2	4,59	0,20	2,23
S3N3	4,68	0,23	2,30
S3N4	4,59	0,17	2,23
S4N1	4,17	0,20	2,37
S4N2	4,36	0,18	2,43
S4N3	4,60	0,20	2,40
S4N4	4,64	0,22	2,47
DP*†† (±)	0,16	0,04	0,26
CV*††† (%)	3,54	19,05	12,43

Fonte: dados da pesquisa

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.

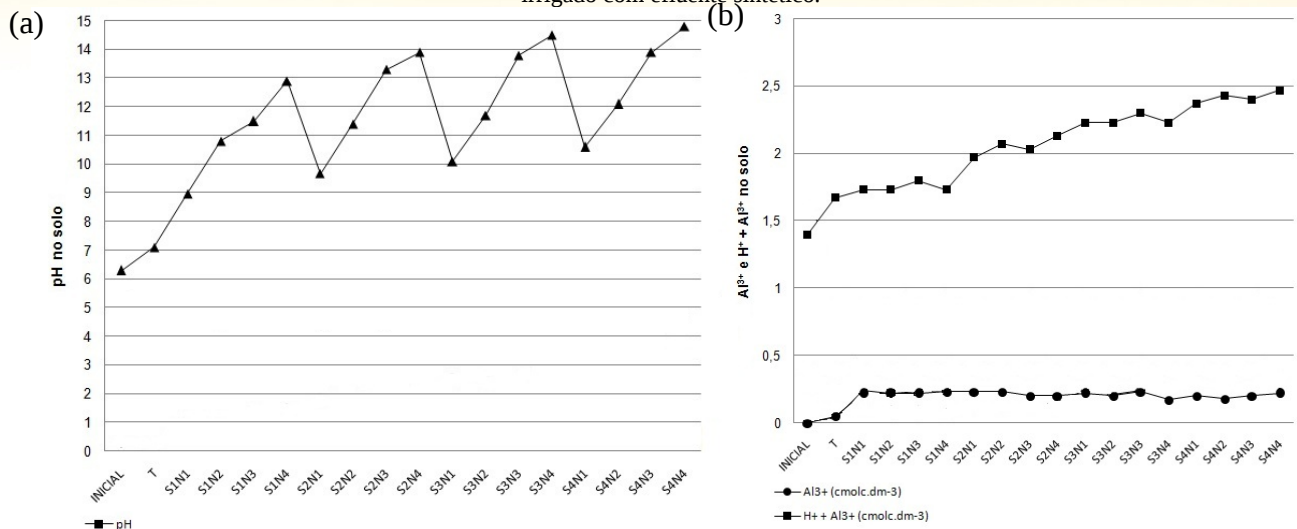
Na Figura 1 é possível observar a dinâmica do pH, Al^{3+} e $H^+ + Al^{3+}$ no solo antes e após a aplicação do efluente sintético, nas condições das ETE estudadas.

†* T = Testemunha;

†** DP = Desvio padrão;

†*** CV = Coeficiente de variação.

Figura 1 – (a) Dinâmica da condutividade elétrica, pH no solo irrigado com efluente sintético; (b) Dinâmica de Al^{3+} e $H^+ Al^{3+}$ no solo irrigado com efluente sintético.



Fonte: dados da pesquisa

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.

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 ao dele foram obtidos por Fonseca (2001) e Garcia et al. (2008), confirmando a capacidade de elevação de pH dos efluentes secundários. Pode-se observar que não houve significância na variância da acidez trocável e aumento na potencial.

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 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.

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. CD Rom.

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.

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.

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.

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, 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.

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 reuso. **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 reuso na cultura da alface-crespa. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 271-279, 2012.