

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO IRRIGADO COM EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO, FERTIRRIGAÇÃO CONVENCIONAL E ÁGUA DE POÇO¹

DELVIO SANDRI² E RODRIGO DE REZENDE BORGES ROSA³

¹Parte da dissertação do segundo autor.

²Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, Campus Darcy Ribeiro, ICC Sul, Asa Norte, Brasília – DF, 70910-900, Brasil, email: sandri@unb.br

³Acqua Consultoria & Serviços de Irrigação Ltda – ME, Rua Joaquim Neto, 62, Centro, Goiandira, GO, 75740-000, Brasil. rodrigofava@terra.com.br

1 RESUMO

A irrigação com efluente de esgoto tratado apresenta potencial para a irrigação de culturas agrícolas, com disponibilização de nutrientes ao solo, influenciado pela forma de aplicação. Objetivou com este trabalho investigar os atributos químicos nas camadas de solo de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, irrigado por gotejamento superficial (Ig) e microaspersão (Im), utilizando efluente de esgoto tratado (Eet), fertirrigação convencional (Fc) e água de poço (Ap). O experimento foi desenvolvido no período de outubro de 2009 a novembro de 2010 em área cultivada com banana, cv. *Grand Naine*. O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 3 x 2, com quatro repetições. A irrigação por gotejamento e microaspersão influencia de maneira diferente no teor de alguns atributos químicos do solo; a maioria dos atributos químicos avaliados no solo eleva-se significativamente nos três tipos de água e nas duas camadas de solo avaliadas; os teores de sódio e de boro reduziram ou permaneceram estáveis no solo; a aplicação de Eet, por gotejamento, eleva de maneira mais acentuada os teores de fósforo, enxofre, acidez total e saturação de bases na camada de solo de 0 a 0,2 m e na microaspersão, na camada de 0,2 a 0,4 m.

Palavras-chave: reúso, água residuária, química do solo.

SANDRI, D.; ROSA, R. R. B. CHEMICAL ATTRIBUTES OF A SAVANA SOIL WITH TREATED SEWAGE EFFLUENT IRRIGATION

2 ABSTRACT

The irrigation with treated sewage effluent has potential for irrigation of agricultural crops, providing nutrients to the soil influenced by the irrigation system. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes in soil layers from 0 to 0.2 m and 0.2 to 0.4 m, irrigated by surface drip (Ig) and microsprinkler (Im) using well water (Ap), treated sewage effluent (Ar) and conventional fertigation (Af). The experiment was carried out under field conditions from October 2009 to November 2010 in area cultivated with banana cv. *Grand naine*. The statistical design was a randomized block with factorial 3 x 2, and four replications. Drip irrigation and microsprinkler influence differently in the content of some soil chemical properties; most chemical attributes

evaluated in the soil increase significantly in the three types of water and the two evaluated soil layers; Na and B content decreased or remained stable in the soil; the application of drip water increases more sharply P, S, AT and SB levels in the most superficial layer and the microsprinkler in the deepest layer.

Keywords: Reuse. Fertigation. Soil chemistry.

3 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e a melhoria da qualidade de vida das pessoas tende a elevar o consumo de água e a reduzir a oferta *per capita* progressivamente. Entre os diversos setores, a agricultura é a maior usuária de água retirada de rios e reservatórios naturais e artificiais (PEREIRA, 2011). Diante deste cenário, a prática do reúso de efluente de esgoto tratado permite que recursos hídricos de melhor composição sejam utilizados para fins mais nobres, trazendo benefícios ambientais, sociais e econômicos, bem como propiciar redução dos custos de produção agrícola, pelo grande potencial em fornecer nutrientes e matéria orgânica às plantas, auxiliando na promoção da agricultura sustentável e o desenvolvimento rural. Porém, podem ser verificados problemas, que segundo Vasudevan et al. (2010), são influenciados não apenas pela quantidade total de sais presentes na água, mas também pelos tipos de sais, e, a gravidade potencial dos problemas podem variar, dependendo do tipo de solo, do clima e da cultura.

No Brasil, o reúso na irrigação agrícola ainda é considerado uma prática recente, com destaque para áreas de cana-de-açúcar irrigadas com vinhaça, porém não há dados oficiais de quantidade de efluentes reutilizados. Várias pesquisas foram desenvolvidas no Brasil quanto à aplicação de água de diversas qualidades na irrigação agrícola, avaliando o efeito nas alterações dos atributos físicos e químicos do solo, desenvolvimento da cultura, dentre outros aspectos (RIBEIRO et al., 2012; URBANO et al. 2015; MALAFAIA et al., 2016). Já Israel reutiliza 85% os esgotos domésticos depois de tratados para irrigação, enquanto que a Espanha, que ocupa o segundo lugar na reutilização de água, é de 20% (KRAMER, 2016).

Se por um lado, a reutilização do efluente de esgoto tratado pode suprir em parte a falta de fontes d'água naturais para irrigação, por outro, a ausência de controle e regulamentação desta prática, como é o caso do Brasil, podem ocorrer mudanças físicas e químicas do solo, contaminação das plantas e trabalhadores e danos aos sistemas de irrigação, que de acordo com Silva et al. (2016), a presença de patógenos microbianos e de metais pesados pode limitar o uso destas águas no sistema agrícola.

Ao mesmo tempo, é indispensável à adoção da prática da reutilização da água, permitindo assim, melhores condições para a sustentabilidade de atividades produtivas, especialmente a indústria e a agricultura irrigada - desde que atendam requisitos mínimos de composição da água - que podem absorver grandes volumes, liberando águas de melhor composição física, química e microbiológica para o consumo humano, e com isso, amenizar conflitos pelo seu uso como verificado recentemente em muitas regiões do país, como na região metropolitana de São Paulo e Brasília.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho, investigar as alterações nos atributos químicos em duas profundidades no perfil do solo, irrigado com efluente de esgoto tratado, fertirrigação convencional e água de poço, aplicadas por gotejamento e microaspersão, em área cultivada com banana cv. *Grand Naine* em condições de campo.

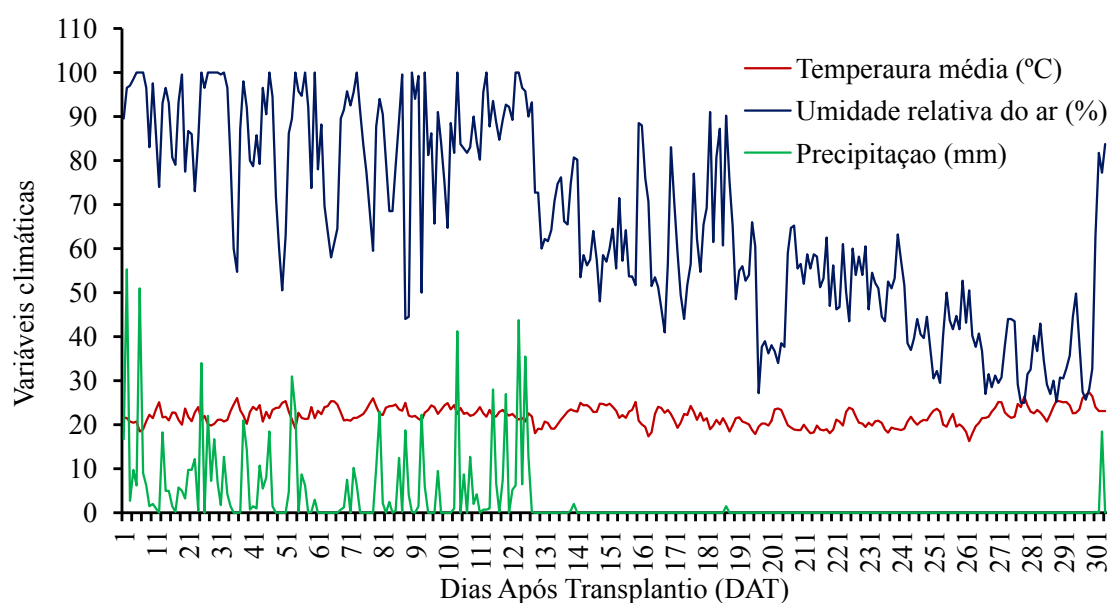
4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas – UnUCET da Universidade Estadual de Goiás - UEG, Anápolis – GO, no período de outubro de 2009 à novembro de 2010, situado nas coordenadas 16° 22' 41.60" Sul e 48° 56' 46.96" Oeste e altitude de 1106 m em relação ao nível do mar.

De acordo com a Köppen e Geiger (1928) o clima é Aw, com temperatura média anual de 22.2 °C e pluviosidade de 1441 mm ano⁻¹. O solo do local do experimento é classificado como Latossolo vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006), com 30% de areia, 13% de silte e 57% de argila.

Durante o experimento a temperatura máximo do ar foi 27,4 °C aos 299 dias após o transplântio (DAT) e mínima de 16,3 °C aos 262 DAT. A precipitação pluviométrica foi pouco variável até aos 127 DAT, que abrange os meses de novembro (segunda quinzena) a março. A partir dos 128 DAT até aos 299 DAT a precipitação pluviométrica foi muito baixa, fato típico do período estudado, que vai da segunda quinzena de março até outubro. A precipitação ocorrida durante todo o período estudado foi de 919,55 mm (Figura 1).

Figura 1. Precipitação diária durante o experimento de cultivo da bananeira



No experimento utilizou-se efluente de esgoto tratado, fertirrigação convencional preparada com água do poço e água do poço semi-artesiano. A água do poço foi armazenada em reservatórios de polietileno de 5 m³, 3 m³ e 2 m³, totalizando 10 m³; já o efluente tratado foi armazenado em um reservatório com capacidade de 5,5 m³, para posterior utilização na irrigação.

O esgoto bruto da unidade universitária é composto de dejetos oriundos dos sanitários coletivos e do restaurante universitário. A estação de tratamento do esgoto é composta de três tanques sépticos compartimentados em série, com volumes úteis de 12,4, 8,3 e 4,6 m³, seguidos de uma caixa de passagem de 100 L, de onde derivam três tubos de 40 mm destinado o efluente para três leitos não cultivados, preenchidos com meio de suporte de cascalho natural, brita # 2 (granulometria variando de 19 mm a 25 mm) e cascalho lavado, com porosidade de 54%, 48% e 38%, respectivamente, sendo o funcionamento em paralelo e com

fluxo subsuperficial horizontal, com 6,0 x 2,0 x 1,0 m, respectivamente, comprimento, largura e altura.

A determinação dos atributos presentes nas águas (Tabela 1) conforme APHA, AWWA e WEF (2005) foi realizada no início e no final do experimento em amostras de efluente e de água coletadas na entrada das parcelas de irrigação, depois de estabilizado o fluxo de água nos sistemas de irrigação (cerca de 5 minutos) por gotejamento superficial e microaspersão.

O pH da água do poço semi-artesiano esteve dentro do sugerido por Ayers e Westcot (1991); já no efluente tratado foi maior que o limite recomendado para aplicação em irrigação, que é de 6,5 e 8,4 (Tabela 1). O teor de ferro (Fe) de 0,50 mg L⁻¹ na água do poço e de 1,79 mg L⁻¹ no efluente tratado estão de acordo com METCALF e EDDY (1991), que recomendam para a irrigação valor de até 5,0 mg L⁻¹, onde a partir deste valor, as culturas começam a apresentar problemas de toxidez. Este valor não é tóxico para solos com boa aeração, embora contribua para tornar o fósforo e o molibdênio indisponível às plantas. O valor encontrado no efluente foi semelhante ao observado por SANDRI, MATSURA e TEZTESLAF (2009), o qual constataram valor máximo de 1,8 mg L⁻¹ de Fe em efluente tratado de uma unidade universitária com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com taboa.

O teor médio de manganês foi de 0,42 mg L⁻¹ para água do poço e de 1,34 mg L⁻¹ para efluente de esgoto tratado (Tabela 1), maiores aos recomendados por METCALF e EDDY (1991) para água de irrigação, podendo causar toxidez em solos ácidos.

A concentração de nitrato no efluente tratado foi de 0,84 mg L⁻¹ e na água do poço de 0,53 mg L⁻¹ (Tabela 1), o que, para AYERS e WESTCOT (1991), pode chegar as concentrações de até 5 mg L⁻¹.

Tabela 1. Atributos na água do poço semi-artesiano e no efluente de esgoto tratado aplicados por gotejamento e microaspersão na irrigação da bananeira

Atributos	Unidades	Água do poço	Efluente tratado
pH	-	6,8	5,8
SDT	mg L ⁻¹	84,2	1234,6
SS	mg L ⁻¹	0,005	0,307
Dureza	mg L ⁻¹	313	435
Turbidez	NTU	1,19	89,54
N-NO ₃ ⁻	mg L ⁻¹	0,53	0,84
N-NH ₃	mg L ⁻¹	0,01	0,08
P total	mg L ⁻¹	0,05	12,32
Ferro	mg L ⁻¹	0,50	1,79
Boro	mg L ⁻¹	0,00	0,005
Manganês	mg L ⁻¹	0,42	1,34
Potássio	cmol _c L ⁻¹	0,009	0,057
Sódio	cmol _c L ⁻¹	0,006	0,76
Cálcio	cmol _c L ⁻¹	0,040	0,40
Magnésio	cmol _c L ⁻¹	0,073	1,13
RAS	(mmol _c L ⁻¹) ^{1/2}	0,025	0,87
CE	dS m ⁻¹	0,87	2,01

Legenda: CE: condutividade elétrica, N-NO₃⁻: nitrato, N-NH₃: nitrogênio amoniacal, P total: fósforo total, RAS: razão de adsorção de sódio, SDT: sólidos dissolvidos totais e SS: sólidos sedimentáveis.

Os valores obtidos de fósforo total no efluente de esgoto tratado e da água do poço semi-artesiano apresentam uma grande diferença de concentrações. O valor médio no efluente tratado foi de 12,32 mg L⁻¹ (Tabela 1) menor ao observado por VIEIRA JOSÉ et al. (2009) que obteve 28,72 mg L⁻¹.

Considerando o valor médio da condutividade elétrica no efluente de 2,01 dS m⁻¹ (Tabela 1), o mesmo apresenta risco moderado quanto à salinização do solo (AYERS e WESTCOT, 1991).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições, resultando em 24 parcelas experimentais, sendo os tratamentos constituídos pela seguinte combinação: A_p = água do poço semi-artesiano, E_{et} = efluente de esgoto tratado e F_c = fertirrigação convencional com água do poço e I_g = Irrigação por gotejamento superficial e I_m = Irrigação por microaspersão.

Na área experimental foi implantado um sistema de cultivo de banana (*Musa spp.*), cv. *Grand Naine* em fileiras simples, espaçadas 2,2 m entre linhas e 2,2 m entre plantas, totalizando 2.272 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos foram distribuídos por sorteio dentro da área experimental, onde cada parcela foi constituída por quatro linhas de plantio com três plantas cada uma, totalizando 12 plantas por parcela. As plantas úteis foram representadas pelas linhas centrais correspondendo a 6 plantas úteis por tratamento, totalizando 336 plantas no experimento.

No sistema de irrigação por gotejamento instalou-se dois tubos gotejadores por linha de planta, com vazão de 2,20 L h⁻¹ e emissores espaçados de 0,50 m, distante de 0,40 m do caule da planta. Nos tratamentos com o uso da microaspersão utilizaram-se 7 microaspersores por linha de planta dentro de cada tratamento, com 1,5 m de diâmetro molhado e vazão de 43 L h⁻¹, distante 0,80 m da planta, formando uma faixa molhada contínua.

Para a aplicação da solução de fertirrigação utilizou um injetor Venturi de 25 mm e após a motobomba foi instalado um registro de gaveta, um filtro de disco de 125 microns, um regulador de pressão com escala de 0 a 350 kPa e precisão de 1 kPa, e um manômetro com glicerina com precisão de 2 kPa. O sistema de irrigação foi acionado a partir de um quadro de comando, contendo um controlador de 8 estações, conectado a oito válvulas elétricas solenoides e oito mini contadoras e uma chave seletora de três posições.

A lâmina de irrigação aplicada no solo foi estimada com base na evapotranspiração de referência (ET_o) de 2 dias, obtida pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al. 1998), com dados de uma estação meteorológica localizada a 200 m do local de experimento, e o manejo da irrigação realizado segundo BERNARDO et al. (2008). A lâmina aplicada foi corrigida em função do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) obtido em cada sistema de irrigação no ensaio de campo no início do experimento (sendo de 97,9% na irrigação por gotejamento e de 86,1% na microaspersão) e em função do bulbo molhado (porcentagem de área molhada no gotejamento foi de 45% e na microaspersão foi de 100%) ou do grau de cobertura do solo pelas plantas, utilizando-se o maior deles.

O volume total de água por planta (V_p) utilizada durante o experimento para os tratamentos irrigados por gotejamento foi de 4712,55 L e de 7548,58 L na microaspersão (maior área de umedecimento).

Para o preparo do solo foi utilizado um arado de disco e uma grade aradora, com uma aração e uma gradagem na profundidade de aproximadamente 0,25 m. A abertura das covas foi executado manualmente, com auxílio de um enxadão, 30 dias antes do transplantio, nas dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,40 m. Para correção da acidez, aplicou-se 30 dias antes do transplantio das mudas de banana em toda a área 4,41 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, bem como se aplicou 1 kg ha⁻¹ de boro.

No transplantio das mudas de bananeira, em todos os tratamentos, foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (e OLIVEIRA, 2000) e no pós-plantio e na fase de formação da bananeira aplicou-se aos 30, 60, 90, 120 e 120-360 DAT, 20, 20, 30, 30 e 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, bem como 20, 30, 40, 60, 300 kg ha⁻¹ de K₂O. A fertirrigação foi aplicada a cada 15 dias, sendo calculada como proposto por BORGES e COELHO (2002).

Em cada cova foi colocado 10 L de esterco bovino curtido 30 dias antes do transplantio das mudas de bananeira. Após a correção de pré-plantio foram analisadas amostras de solo nas camadas de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m e aos 304 DAT. O local de coleta do solo no início e no final do experimento foram os mais próximos possíveis, sendo que em ambos os momentos as amostras foram coletadas individualmente para cada tratamento, fato que resultou em valores iniciais dos teores dos sais no solo diferente para cada tratamento.

Para a análise do solo no início do experimento foram coletadas 3 amostras simples para cada tratamento, sendo misturadas e transformadas em uma única amostra composta, separadamente para cada profundidade; na amostragem aos 304 DAT (final do experimento) coletou-se as mesmas quantidades do início do experimento, também separadamente para cada tratamento, todas distanciadas de 0,20 m do caule da bananeira e aproximadamente na metade do bulbo molhado.

Os parâmetros analisados no solo foram o pH, Cálcio (Ca²⁺), Magnésio (Mg²⁺), dosados por espectrofotometria de absorção atômica, Alumínio (Al³⁺), Hidrogênio e Alumínio (H+Al³⁺), Potássio (K⁺), Fósforo (P), Enxofre (S), Matéria Orgânica (MO), Sódio (Na⁺), Zinco (Zn), Boro (B), Cobre (Cu⁺), Ferro (Fe⁺), Manganês (Mn²⁺), Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Saturação por Bases. A técnica de determinação analítica utilizada seguiu os procedimentos descritos por EMBRAPA (2009). O Na⁺, K⁺, P e os micronutrientes foram extraídos com solução de Mehlich com HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N, já o Ca²⁺, Mg e Al com KCl 1N.

Utilizou-se o Software Assistat V. 7.7 Beta (SILVA, 2014), sendo as médias comparadas pelo Teste Tukey a 0,05 de significância. A comparação dos atributos químicos do solo foi feita entre os resultados do início e final do experimento, separadamente para cada camada de solo avaliada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pelos valores de pH do solo, redução nos tratamentos irrigados por gotejamento e elevação nos tratamentos com irrigação por microaspersão, tanto na camada de 0 - 0,2 m como na de 0,2 - 0,4 m, porém, neste último sistema de irrigação não houve diferença significativa (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S²⁻, Na⁺, Cu⁻ e Fe do solo irrigado por gotejamento (Ig) e microaspersão (Im) com água de poço (Ap), efluente tratado (Eet) e fertirrigação (Fc) para o início e final do experimento (304 DAT) para as camadas de solo de 0 a 0,2 m (1) e de 0,2 a 0,4 m (2)

At	Cs	Tratamentos											
		ApIg		EetIg		FcIg		ApIm		EetIm		FcIm	
		Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
pH	1	4,58a	4,00b	5,00a	4,02b	5,49a	4,09b	4,40a	4,69a	4,60a	4,79a	4,39a	3,93b
	2	4,19a	3,96b	4,17b	4,69a	4,20a	4,03a	4,22a	4,39a	4,31a	4,36a	4,03a	4,31a
P	1	0,73b	7,63a	0,94b	4,10a	0,82b	6,40a	0,66b	6,20a	1,72b	8,00a	1,25b	3,91a
	2	0,94b	6,10a	0,66b	2,70a	1,20b	9,90a	0,16b	4,60a	0,37b	4,70a	0,57b	2,40a
K ⁺	1	0,07b	0,09a	0,07a	0,07a	0,07a	0,08a	0,05b	0,10a	0,09a	0,09a	0,08a	0,08a
	2	0,05a	0,06a	0,04b	0,06a	0,04b	0,08a	0,03b	0,08a	0,04b	0,07a	0,04b	0,06a
Ca ²⁺	1	0,70b	1,00a	1,00a	1,00a	0,70b	2,10a	0,40b	3,00a	0,70b	2,10a	0,60b	1,00a
	2	0,30b	1,00a	0,50b	0,80a	0,60b	1,70a	0,40b	2,00a	0,30b	1,70a	0,40a	0,70a
Mg ²⁺	1	0,40a	0,50a	0,80a	0,90a	0,20b	1,40a	0,20b	1,30a	0,60b	1,50a	0,50a	0,80a
	2	0,20a	0,30a	0,40b	0,70a	0,20b	0,60a	0,20b	0,70a	0,20a	0,40a	0,20a	0,50a
S ²⁻	1	1,54b	15,3a	1,83b	10,4a	1,54b	11,3a	1,54b	9,20a	1,54b	7,90a	1,54b	8,40a
	2	1,54b	11,6a	1,60b	7,20a	1,54b	18,3a	1,54b	8,70a	1,23b	7,50a	1,54b	2,70a
Na ⁺	1	1,00a	1,00a	2,00a	1,00b	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	2,00a	1,00b	1,00a	1,00a
	2	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a	1,00a
Cu ⁻	1	4,00a	4,10a	2,70b	3,20a	2,90a	3,20a	3,70b	5,10a	3,10a	3,60a	3,60a	4,00a
	2	2,00a	1,10b	1,10a	1,00a	1,30a	1,10a	1,20a	1,50a	1,10a	1,00a	1,50a	1,80a
Fe	1	70,0a	72,0a	69,0b	79,0a	55,0a	56,0a	55,0b	78,6a	75,0b	85,0a	50,9b	68,0a
	2	85,0a	89,0a	82,0a	83,0a	62,6b	66,0a	65,2b	80,2a	84,0b	94,0a	68,0b	75,0a

Letras iguais na linha entre o início e final do experimento para cada atributo (At) e camada de solo (Cs) avaliada (1 para a camada de 0 a 0,2 m, 2 para a camada de 0,2 a 0,40 m) não difere ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey. ApIg: Água do poço e irrigação por gotejamento, EetIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, FcIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, ApIm: Água do poço e irrigação por microaspersão, EetIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão, FcIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão, K, Ca, Mg (cmol_cdm⁻³) P, S, Na, Cu e Fe (mg dm⁻³).

A amplitude dos valores de pH do início em relação ao final do experimento, observado em termos percentuais, foi mais elevado nos tratamentos irrigados por gotejamento (Tabela 3). Já conforme CAOVIALLA et al. (2010), constaram que o pH não variou quanto às dosagens de água residuária e às profundidades do solo, contrariando, em parte, este experimento.

Na microaspeção as perdas devido ao efeito da deriva e interceptação pela vegetação e evaporação (não medidos e repostos via irrigação, ou seja, as perdas pode ter influenciado na umidade do solo na microaspersão) podem ter influenciado no conteúdo de água no solo, sendo este, possivelmente, o motivo da menor variação de pH na microaspersão; já que segundo BARROS et al. (2009), a alteração do pH pode ter influência da temperatura, bem como da composição e volume do efluente aplicado; ao mesmo tempo, temperaturas até 25 °C com maiores conteúdos de água no solo ocorre o decréscimo do pH.

Este resultado pode estar ligado ao fato de que, nos maiores conteúdos hídricos sob temperatura de 25 °C tem-se ótimas condições para a nitrificação e, já que esta reação libera hidrogênio, isto pode ter contribuído para a diminuição do pH, enquanto que na temperatura de 35°C a tendência foi de aumento de pH. Aumento nos valores de pH do solo ao longo do período experimental foram observados por ERTHAL et al. (2010), quando da aplicação de taxas de 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K em água residuária de bovinocultura, que podem ter

relação com o tipo de efluente, mas também por condições predominantes como descritas acima.

Tabela 3. Variação (%) de pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S²⁻, Na, Cu⁻ e Fe entre o início e final do experimento (304 DAT) do solo irrigado por gotejamento (Ig) e microaspersão (Im) com água superficial (Ap), efluente tratado (Eet) e fertirrigação (Fc) para as camadas de solo de 0 a 0,2 m (1) e de 0,20 a 0,4 m (2)

At	Tratamentos											
	ApIg		EetIg		FcIg		ApIm		EetIm		FcIm	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
..... Variação (%).....												
pH	-14,5	-5,81	-24,38	12,47	-34,2	-4,218	6,591	4,0284	4,1	1,2	-11,7	6,9
P	945,2	548,9	336,2	309,1	680,5	725,0	839,4	100,0	365,1	1170,3	212,8	321,1
K ⁺	28,6	20,0	0,0	50,0	14,29	100,0	100,0	166,7	0,0	75,0	0,0	50,0
Ca ²⁺	42,9	233,3	0,0	60,0	200,0	183,3	650,0	400,0	200,0	466,7	66,7	75,0
Mg ²⁺	25,0	50,0	12,5	75,0	600,0	200,0	169,2	250,0	150,0	100,0	60,0	150,0
S ²⁻	893,5	653,2	468,3	350,0	633,8	1088,3	497,4	464,9	413,0	509,8	445,5	75,3
Na ⁺	0,0	0,0	-100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-100,0	0,0	0,0	0,0
Cu ⁻	2,5	-81,8	18,5	-10,0	10,3	-18,2	37,8	25,0	16,1	-10,0	11,1	20,0
Fe	2,9	4,7	14,5	1,2	1,8	5,2	42,9	23,0	13,3	11,9	33,6	10,3

Atributo (At) e camada de solo (Cs) avaliada (1 para a camada de 0 a 0,2 m, 2 para a camada de 0,2 a 0,40 m). ApIg: Água do poço e irrigação por gotejamento, EetIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, FcIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, ApIm: Água do poço e irrigação por microaspersão, EetIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão, FcIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão.

Os teores de P aumentaram em todos os tratamentos e camadas de solo, diferindo estatisticamente, sendo mais acentuado na camada de 0 a 0,2 m para os tratamentos irrigados por gotejamento (336,2% de aumento na camada de 0 a 0,2 m e de 309,1% na de 0,2 a 0,4 m para EetIg) e na camada de 0,2 a 0,4 m nos tratamentos irrigados por microaspersão (365,1% de aumento na camada de 0 a 0,2 m e de 1170,3% na de 0,2 a 0,4 m para EetIg) e (Tabela 2 e 3). Embora o P tenha baixa mobilidade no solo, na irrigação por microaspersão, por apresentar maior precipitação (mm h⁻¹) em relação ao gotejamento e o solo do local do experimento ser de elevada taxa de infiltração, favoreceu o transporte do mesmo para a camada mais profunda.

A elevação do P inclusive no tratamento com água de poço, especialmente no gotejamento, pode ser devido à aplicação de fonte de P solúvel na camada superficial no início do experimento, aliado à baixa mobilidade no perfil do solo. ERTAL et al. (2010) também observaram que na camada superficial (0 a 0,10 m) houve elevação no teores de fósforo ao aplicarem diferentes taxas de água residuária de bovinocultura. O mesmo foi comprovado por BARRETO et al. (2013) ao aplicarem efluente doméstico tratado na irrigação por gotejamento em mamoneira.

A exemplo deste trabalho, CAO VILLA et al. (2010), ao aplicarem diferentes dosagens de água residuária de suinocultura, observaram diferenças significativas em função da profundidade do perfil do solo para o potássio, fósforo e capacidade de troca catiônica, demonstrando a possibilidade de lixiviação, mas concordando que resultou no maior nível de concentração de fósforo na camada superficial do solo. Já em trabalho realizado por CABRAL et al. (2014), ao avaliarem o efeito da aplicação das dosagens de 0, 150, 300, 450, 600 e 750 m³ ha⁻¹ de água residuária de suinocultura em área com a cultura do capim elefante,

concluíram que na primeira época houve elevação, mas na segunda época ocorreram reduções no teor de P no solo, o mesmo ocorrendo com o K^+ e Ca^{2+} .

Ocorreu variação entre os tratamentos e camadas de solo para os teores de K^+ , apresentando diferença significativa entre o início e final do experimento na camada de 0 a 0,20 m nos tratamentos ApIg e ApIm, já na camada de solo de 0,2 a 0,4, com exceção do tratamento ApIg, em todos os demais as elevações foram significativas, chegando a 166,7% no tratamento ApIm m (Tabela 3). Atribui-se a o teor mais elevado na camada mais profunda à sua mobilidade no perfil do solo, que é muito maior que a do fósforo, sendo favorecida pela água da irrigação, mas, também, pela precipitação natural durante o experimento concentrada até os 132 DAT (Figura 1), o que concorda com DOBLINSKI et al. (2010) que relatam que ao aplicarem água residuária de suinocultura na cultura do feijão, verificaram que a mobilidade no perfil do solo é maior para o potássio, seguido do nitrogênio e do fósforo.

Erthal et al. (2010) observaram elevação da concentração de K^+ trocável na camada de 0 a 0,10 m, com todas as taxas de aplicação de água residuária de bovinocultura e menor elevação nas camadas mais profundas; o motivo deste comportamento é que embora o K^+ é considerado um cátion relativamente móvel no solo, em situação de ausência de precipitação natural durante o período do experimento reduz os efeitos da lixiviação, fato que ocorreu no experimento destes autores.

Observa-se pelas Tabelas 2 e 3 variação na concentração de cálcio (Ca^{2+}) no solo entre os tratamentos, onde, com exceção dos tratamentos EetIg na camada de solo de 0 a 0,2 m e no FcIm na camada de 0,2 a 0,4 m, todos os demais tiveram diferenças significativas a nível de 0,05 pelo teste de comparação de médias, entretanto, CAOVIOLA et al. (2010), obtiveram resultado contraditório para os níveis médios de cálcio e magnésio que foram pouco afetados com a aplicação das águas residuárias de suinocultura. Já ANDRADE FILHO et al. (2013) observaram que ao aplicarem diferentes dosagens de efluente doméstico em um Cambissolo, o cálcio foi o único que não teve alterações, dentre os avaliados (pH, MO, P, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} + Mg^{2+} , Al^{3+} e $H+Al^{2+}$).

Os teores iniciais de Ca na camada de solo de 0 a 0,2 m encontravam-se em níveis mais elevados que a camada mais profunda, embora, e, de maneira geral, as variações em relação ao início foram mais acentuadas na camada de 0,2 a 0,4 m, com exceção dos tratamentos FcIg (200%) e ApIm (650%). O aumento de Ca nas camadas mais profundas pode ter sido favorecido pela elevada mobilidade no solo e, ao mesmo tempo, a reposição do cátion de Ca^{2+} via água de irrigação e sua liberação pela mineralização da matéria orgânica foi superior à absorção promovida pelas plantas. Destaca-se que o local de coleta de amostras de solo foi o mais próximo possível no início e final do período experimental, mesmo assim, pode ser uma das causas de variabilidade nos teores do solo, visto a aplicação de água foi realizada localizadamente, interferindo na redistribuição da água e, portanto, dos sais no perfil do solo.

O comportamento do magnésio trocável (Mg^{2+}) no solo foi semelhante ao cálcio, ou seja, ocorreu um acréscimo do teor no solo no final do experimento (Tabela 2 e 3) em todos os tratamentos, sendo a maior variação de 600% no tratamento FcIg e a menor de 12,5% no tratamento EetIg, ambos na camada de solo de 0 a 0,2 m, embora, que, de maneira geral, o aporte de Mg^{2+} ao longo do período experimental tenha sido bem menor. Com exceção dos tratamentos ApIg, camada de 0 a 0,2 m e FcIm na camada de solo de 0,2 a 0,4 m, todos os demais tratamentos e camadas de solo apresentaram diferença significativa entre os valores iniciais e finais de Mg^{2+} no solo. (Tabela 3); tal fato pode ser devido à intensa liberação deste íon com a mineralização da matéria orgânica retida nessa faixa do solo com o passar do tempo, e à alta concentração de potássio, conhecido competidor com o magnésio na absorção

pelas plantas, causando baixa absorção desse nutriente e consequente acúmulo no solo (ERTHAL et al., 2010). Os resultados neste trabalho corroboram com os descritos por SANDRI, MATSURA e TESTEZLAF (2009) que constatou aumento nos teores de magnésio nos tratamentos irrigados com efluente doméstico tratado, principalmente no segundo ciclo do cultivo da alface nos três sistemas de irrigação (gotejamento superficial e subsuperficial e aspersão convencional) e nas duas camadas de solo estudadas (0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m) em relação ao início do ciclo, com destaque para aumento de 45,5% no tratamento com efluente de esgoto tratado e irrigação por gotejamento superficial com fortes indícios de lixiviação; ao contrário, MEDEIROS et al. (2011) ao analisarem o comportamento de Mg em profundidade (0 a 1,0 m com coletas a cada 0,2 m) para diferentes dosagens de efluente de suinocultura, não observaram indícios de lixiviação.

O teor de enxofre (S) no solo elevou-se significativamente entre o início e final do ciclo da bananeira em todos os tratamentos, entretanto, nos tratamentos irrigados por gotejamento essa elevação ocorreu em maior proporção em comparação ao uso da microaspersão (Tabela 2). Com exceção dos tratamentos FcIg e EetIm, na camada de solo de 0 a 0,2 m houve maior elevação (468,3% para EetIg) no teor de S entre o início e final do experimento (Tabela 3).

Com exceção dos tratamentos EetIg e EetIm na camada de solo de 0,0 a 0,2 m em que houve redução de 100% no teor de sódio (Na^+) entre o início e final do ciclo, todos os demais tratamentos e camadas de solo se mantiveram estável em $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$. Observa-se que a redução de Na ocorreu nos tratamentos em que se utilizou efluente de esgoto tratado e na camada mais superficial, fato esse que pode estar relacionado a alterações químicas no solo devido a reações químicas, pois este está geralmente relacionado ao aumento de Ca^{2+} e Mg^{2+} e a diminuição do pH, fato este observado neste trabalho. Varallo et al. (2010) observaram, durante a aplicação de água destilada em colunas de solo contendo 11 mg L^{-1} , este apresentou uma concentração de 4 mg L^{-1} na solução lixiviada e, após a aplicação de água residuária advinda de leitos cultivados, passou a 15 mg L^{-1} , demonstrando, também, que houve uma retenção de sódio no solo.

URBANO et al. (2015), após a passagem de água de reúso de esgoto doméstico pelo Latossolo Vermelho distrófico, em 5 ciclos de cultivo de alface, constataram que a concentração de nutrientes no solo aumentou, incluindo o Na, com tendência à salinização, mas, não houve danos às propriedades físicas do solo. Já MEDEIROS et al. (2011) observaram que os teores de Na aumentaram em todas as camadas de solo (0 a 1,0 m, avaliado a cada 0,2 m), em todas as diferentes dosagens de efluente de suinocultura, porém os maiores teores foram verificados nas áreas que receberam efluente tratado.

O teor de Cu^+ no solo no início do experimento na camada de 0 a 0,2 m era bem mais elevados que na camada mais profunda, porém, houve redução significativa entre o início e final do ciclo na camada de solo de 0,20 a 0,40 m no tratamento ApIg; já na camada de 0 m a 0,2 m houve elevação nos tratamentos EetIg e ApIm (Tabela 2). Independente do sistema de irrigação constata-se tendência de elevação de Ca^+ entre o início e final do ciclo da bananeira na camada mais superficial do solo e redução na camada mais profunda (Tabela 3); ao contrário, DUARTE et al. (2008) observam que a concentração de Cu no solo não deferiu quando da aplicação via de irrigação de efluente doméstico tratado por dois sistemas de tratamento do esgoto: anaeróbio, realizado por reatores de fluxo ascendente e aeróbio, realizado por um sistema de lodos ativados e com água potável. Por sua vez, MONTEIRO et al. (2014), ao avaliarem o a aplicação de esgoto doméstico tratado em reator UASB e esgoto doméstico tratado em reator UASB e pós-tratado em filtro de areia intermitente, aplicados em vasos cultivados com algodoeiro, constataram que somente o primeiro tipo de esgoto elevou

os teores de cobre, boro e ferro, chegando a 1,15 mg dm⁻³, 0,68 mg dm⁻³, 19,12 mg dm⁻³, correspondendo a elevação de 15%, 23,63% e 10,61%, respectivamente.

Irrigando por microaspersão elevou-se o teor de ferro (Fe) significativamente nas duas camadas de solo e nos três tipos de água avaliados, sendo a camada de solo de 0 a 0,2 m a que ocorreu maior acréscimo (%) (Tabela 2 e 3). A aplicação da água por microaspersão facilitou a alteração de estado de oxidação do Fe de maneira mais intensa na camada de solo mais superficial, por manter condições de umidade mais elevadas nesta camada em relação a camada mais profunda (0,2 a 0,4 m). Os tratamentos utilizando efluente tratado (elevado teor de Fe) e fertirrigação convencional (Fe adicionado na água de irrigação) também favoreceram elevação do teor de Fe ao se utilizar o gotejamento; considerando os teores adequados no solo, observa-se que de acordo RAIJ et al. (1997) todos os tratamentos apresentaram teores de Fe superiores ao máximo permitido, o mesmo foi confirmado em experimento realizado por DUARTE et al. (2008).

Os valores de manganês (Mn²⁺) variaram de 10,4 mg dm⁻³ a 16 mg dm⁻³ na camada de solo de 0 a 0,2 m e de 3,2 mg dm⁻³ a 18 mg dm⁻³ na camada de 0,2 a 0,4 m (Tabela 4), pouco acima dos obtidos por DUARTE et al. (2008) e FONSECA et al. (2007) que observaram valores entre 1,5 a 5,0 mg dm⁻³ tanto no solo irrigado com efluente tratado quanto com água potável.

O teor de Zn no solo em valores absolutos elevou-se ao final do ciclo da cultura em praticamente todos os tratamentos, com valores que variaram de 1,1% (EetIm) a 67,6% (ApIm) na camada de solo mais profunda (Tabela 4 e 5), em que, somente os tratamentos ApIg e FcIm não apresentaram variação significativa. Considerando o limite de recomendação de análise de solo sugerida por RAIJ et al. (1997) todos os tratamentos apresentaram teores elevados de zinco no solo (> 1,2 mg dm⁻³).

Tabela 4. Valores médios de Mn^{2+} , Zn, B, Al^{3+} , AT, MO, SB e CTC solo irrigado por gotejamento (Ig) e microaspersão (Im) com água superficial (Ap), efluente tratado (Eet) e fertirrigação (Fc) para o início e final do experimento (304 DAT) para as camadas de solo de 0 a 0,2 m (1) e de 0,2 a 0,4 m (2)

At	Cs	Tratamentos											
		ApIg		EetIg		FcIg		ApIm		EetIm		FcIm	
		Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
Mn^{2+}	1	10,4b	12,0a	10,9a	11,0a	12,0a	12,0a	10,90b	18,0a	12,6a	11,2b	15,3a	16,0a
	2	5,10a	4,10b	5,10a	4,20b	4,60a	4,00b	13,80b	18,0a	5,60b	6,10a	4,80a	3,20b
Zn	1	23,8a	25,0a	22,0b	24,0a	21,0b	25,0a	21,0b	28,00a	25,6b	30,0a	22,6a	23,0a
	2	12,7a	11,1a	11,1b	12,9a	11,80a	11,10a	10,50b	17,60a	8,90a	9,00a	10,80a	11,80a
B	1	0,41a	0,24b	0,30a	0,28a	0,39a	0,21b	0,33a	0,31a	0,37a	0,28b	0,38a	0,29b
	2	0,33a	0,22b	0,29a	0,27a	0,35a	0,20b	0,27a	0,23a	0,35a	0,26b	0,35a	0,21b
MO	1	21,1b	31,1a	19,7b	24,5a	23,7b	32,0a	14,4b	32,5a	18,7b	41,8a	11,0b	18,9a
	2	13,4b	23,7a	15,8b	20,9a	16,0b	35,6a	13,0b	25,6a	17,3b	22,0a	10,8b	14,1a
Al^{3+}	1	0,10b	0,60a	0,10b	0,50a	0,10b	0,40a	0,20a	0,40a	0,10a	0,30a	0,20a	0,20a
	2	0,20b	0,60a	0,10b	0,50a	0,20a	0,40a	0,20a	0,40a	0,20a	0,30a	0,30a	0,40a
AT	1	2,00b	4,10a	2,50b	5,40a	2,00b	4,50a	2,50b	4,40a	3,00b	4,80a	3,00a	3,30a
	2	2,50b	4,20a	3,00b	5,30a	2,50b	4,10a	2,00b	4,20a	2,80b	5,30a	2,10a	3,00a
SB	1	27,9b	61,0a	25,7b	44,0a	20,6b	32,6a	44,9b	50,0a	31,6b	43,4a	28,1b	38,4a
	2	17,9b	24,4a	22,8a	23,8a	25,1a	36,6b	23,8b	39,8a	16,1b	29,0a	17,4b	37,5a
CTC	1	5,17b	5,69a	4,47b	7,27a	2,97b	8,18a	3,15b	8,80a	4,39b	8,49a	4,18b	4,88a
	2	3,05b	5,56a	3,94b	6,86a	3,34b	6,48a	2,63b	6,98a	3,34b	7,47a	3,64b	3,89a

Letras iguais na linha entre o início e final do experimento para cada atributo (At) e camada de solo (Cs) avaliada (1 para a camada de 0 a 0,2 m, 2 para a camada de 0,2 a 0,40 m) não difere ao nível de 5% pelo teste de Tukey. ApIg: Água do poço e irrigação por gotejamento, EetIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, FcIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, ApIm: Água do poço e irrigação por microaspersão, EetIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão, FcIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão, K, Ca, Mg ($cmol_c \cdot dm^{-3}$), P, S^{2-} , Na^+ , Cu^+ e Fe ($mg \cdot dm^{-3}$). Mn^{2+} , Zn, B, ($mg \cdot dm^{-3}$) – Al^{3+} , A.T, CTC, ($cmol_c \cdot dm^{-3}$) – MO ($g \cdot Kg^{-1}$), - SB (%).

Os teores de B diminuíram de forma significativa ao final do ciclo nos tratamentos ApIg, FcIg, EetIm e FcIm em ambas as camadas de solo, chegando a 85,7% (FcIg – 0 a 0,2 m), enquanto que nos tratamentos EetIg e ApIm, também em ambas camadas houve tendência de redução (Tabela 4 e 5).

Os teores de matéria orgânica (MO) no solo elevaram ao final do experimento em todos os tratamentos e camadas de solo (Tabela 4), em que, nos tratamentos utilizando o gotejamento, as maiores elevações ocorreram na camada de solo de 0,2 a 0,4 m, enquanto que usando a microaspersão este comportamento ocorreu na camada de solo de 0 a 0,2 m, com maior elevação de 127,7% no ApIm. Não é evidente a influência do tipo de água no teor de MO do solo, porém, acredita-se que a forma de aplicação da água sobre o solo (gotejamento e microaspersão) favoreceu esta interferência, possivelmente pela variação da umidade do solo (pelos motivos descritos na discussão do pH). O acúmulo de matéria orgânica também foi observado por ERTHAL et al. (2010) nas camadas 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m com o tempo de aplicação de água residuária de bovinocultura.

Nos tratamentos utilizando o gotejamento superficial para os três tipos de água de irrigação, houve redução no teor de Mn^{2+} na camada de solo de 0,2 a 0,4 m (Tabela 5).

Os teores de Al^{3+} , AT, SB e CTC elevaram-se no final do experimento em todos os tratamentos e nas duas camadas de solo estudadas, em que para o A.T. e SB, a camada de solo de 0 a 0,2 m teve maior elevação em relação a camada mais profunda na irrigação por

gotejamento; enquanto que ao se utilizar a irrigação por microaspersão, ocorreu o inverso, ou seja, a camada de 0,2 a 0,4 m é que apresentou maior variação. O tipo de água por sua vez, não apresentou influência evidente sobre os teores destes atributos.

Tabela 5. Variação (%) de Mn^{2+} , Zn, B, Al^{3+} , AT, MO, SB e CTC entre o início e final do experimento (304 DAT) do solo irrigado por gotejamento (Ig) e microaspersão (Im) com água superficial (Ap), efluente tratado (Eet) e fertirrigação (Fc) para as camadas de solo de 0 a 0,2 m (1) e de 0,20 a 0,4 m (2)

At.	Tratamentos											
	ApIg		EetIg		FcIg		ApIm		EetIm		FcIm	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Variação (%)												
Mn^{2+}	15,4	-24,4	0,9	-21,4	0,0	-15,0	65,1	30,4	-11,1	8,9	4,6	-50,0
Zn	5,0	-14,4	9,1	16,2	19,0	-6,3	33,3	67,6	17,2	1,1	1,8	9,3
B	-70,8	-50,0	-7,1	-7,4	-85,7	-75,0	-6,5	17,4	-24,3	-34,6	31,0	-66,7
M.O	47,4	76,9	24,4	32,3	35,0	122,5	125,7	96,9	123,5	27,2	71,8	30,6
Al^{3+}	500,0	200,0	400,0	400,0	300,0	100,0	100,0	100,0	200,0	50,0	10,0	33,3
A.T	105,0	68,0	116,0	76,7	125,0	64,0	76,0	110,0	60,0	89,3	0,0	42,9
S.B	119,7	36,3	71,2	4,4	58,3	45,8	11,4	67,2	37,3	80,1	36,7	115,5
CTC	10,1	82,3	62,6	74,1	175,4	94,0	179,4	165,4	93,4	123,7	16,7	6,9

Atributo (At) e camada de solo (Cs) avaliada (1 para a camada de 0 a 0,2 m, 2 para a camada de 0,2 a 0,40 m).

ApIg: Água do poço e irrigação por gotejamento, EetIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, FcIg: Efluente tratado e irrigação por gotejamento, ApIm: Água do poço e irrigação por microaspersão, EetIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão, FcIm: Efluente tratado e irrigação por microaspersão.

A CTC representa a capacidade do solo em reter de cátions, favorecendo a avaliação do potencial de lixiviação de cátions, assim, ERTHAL et al. (2010) observaram de modo geral, aumentos na CTC com a aplicação de efluente de bovinocultura, que passou, aproximadamente, de 2,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ aos 53 dias do início da aplicação, para 5,0 $cmol_c\ dm^{-3}$ aos 235 dias, atribuindo à alta concentração de íons e aos colóides orgânicos presentes neste efluentes, não sendo possível afirmar que isto ocorreu neste experimento, pois não ficou evidente que este comportamento ocorreu unicamente nos tratamentos com efluente tratado, mas sim, em todos os tipos de água.

6 CONCLUSÕES

Os teores de P, K, Ca, Mg, S, Fe, MO, Al, AT, SB e CTC elevam-se no solo nos três tipos de água e nas duas camadas de solo avaliadas, já o teor de Na e de B reduziram ou permaneceram estáveis no solo. Os teores de P, S, AT e SB aumentaram de maneira mais acentuada na camada de 0 a 0,2 m para os tratamentos irrigadas por gotejamento e na camada de 0,2 a 0,4 m nos tratamentos irrigados por microaspersão.

7 AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudo ao segundo autor.

8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guildlines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Dranaige, Paper 56).
- ANDRADE FILHO, J. A.; SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, L. B.; MEDEIROS, J. F. COSME, C. R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 661-674, 2013.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 21ª ed. Washington: American Public Health Association. 2005, 1082 p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BARRETO, A. N.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; MEDEIROS, E. P.; NÓBREGA, J. A.; BEZERRA, J. R. C. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.480–486, 2013.
- BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MEDEIROS, P. R. F.; MELO, R. F.; BARBOSA Jr, C. R. A.; DIAS, C. T. S. Entupimento de gotejadores em função da aplicação de superfosfato simples e ácido nítrico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.62-71, 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 625p.
- BORGES, A. L.; COELHO, E. F. **Fertirrigação em bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 47).
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. (Org.) **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2000, p.47-59.
- CABRAL, J. R.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. Changes in chemical properties of dystrophic Red Latosol as result of swine wastewater application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.210–216, 2014.
- CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A. NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, L. M. F.; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.7, p.692–697, 2010.
- DOBLINSKI, A. F.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, V. R. D A.; NÓBREGA, L. H. P.; GOMES, S. D.; DAL BOSCO, T. C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean

crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.87-93, 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.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U; PAULA, A. M.; VICTORIA, R. L.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n.2, p.194-209, 2007.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**, Justus Perthes, Gotha. 1928.

KRAMER, D. Israel: A water innovator. **Physics Today**, New York, v. 69, n.6, p. 24-26, 2016.

MALAFIA, G.; ARAÚJO, F. G.; LEANDRO, W.M.; RODRIGUES, A. S.L. Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. **Revista Ambiental & Água**, v.11, n. 4, p.799-809, Taubaté, 2016.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; PÉREZ-MARIN, A. M.; SOARES, F. A. L.; FERNANDES, P. D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n. 03, p.1047-1055, 2011.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater engineering: Treatment and reuse**. 2 ed. Metcalf e Eddy Inc. New York: McGraw – Hill Inc., 1334p. 1991.

MONTEIRO, D. R.; SILVA, T. T. S.; SILVA, L. V. B. D.; LIMA, V. L. A.; SANTOS, C. L. M.; PEARSON, E. W. Efeito da aplicação de efluente doméstico tratado nos teores de micronutrientes no solo. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, v.1, n 01, p. 40-46, 2014.

PEREIRA, A. R. **Balanço hídrico para irrigação de precisão aplicada em pomares**. Campinas: Fundag, 2011. 90p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2º ed. rev. atual. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. (Boletim técnico, 100).

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.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.775-764, 2009.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG. Atualizado em 01 de abril de 2014. Disponível em <http://www.assistat.com/>>. Acessado em: 20 de maio de 2014.

SILVA, J. G. D.; CARVALHO, J. J.; LUZ, J. M. R.; SILVA, J. E. C. Fertigation with domestic wastewater: uses and implications. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 15, n. 20, p. 806-815, 2016.

URBANO, V.R.; MENDONÇA, T. G.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Physical-chemical effects of irrigation with treated wastewater on Dusky Red Latosol soil. **Revista Ambiental & Água**, v.10, n. 4, p.737-748, Taubaté, 2015.

VARALLO, A. C. T.; CARVALHO, L.; SANTORO, B. L.; SOUZA, C. F. 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.

VASUDEVAN, P.; THAPLIYAL, A.; SRIVASTAVA, R. K.; PANDEY, A.; DASTIDAR, M. G.; DAVIES, P. Fertigation potential of domestic wastewater for tree plantations. **Journal of Scientific & Industrial Research**, New Delhi, v. 69, p. 146-150, 2010.

VIEIRA JOSÉ, J.; RIBAS, M. M. F.; FREITAS, P. S. L.; FRANCISCONI JUNIOR, J. P. Efeito da aplicação de efluente de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 52-59, 2009.