

ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO SOB APLICAÇÃO DE EFLUENTE TRATADO E ADUBAÇÃO MINERAL

GILMAR O. SANTOS¹, ROGÉRIO T. DE FARIA², GILBERTO A. RODRIGUÊS³,
ALEXANDRE B. DALRI²

¹Doutorando em Agronomia, Depto. Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP), Jaboticabal-SP, Fone: (0xx18) 98122-7569, gilmar_engambiental@yahoo.com.br. ²Professor, Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP. ³Doutorando em Agronomia, FCAV-UNESP Jaboticabal-SP.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

RESUMO: Plantas necessitam de nutrientes para assegurar o seu crescimento, absorvendo os que estão prontamente disponíveis na solução do solo. Avaliaram-se o efeito da aplicação de efluente de esgoto tratado (EET) e adubação mineral na composição química do solo e da solução do solo, sob cultivo com braquiária brizanta. Utilizou-se sistema de aspersão em linha tripla para obter distribuição uniforme da irrigação, mas gradual de EET, definindo-se três tratamentos, com as seguintes frações de efluente em água: E5=1,0; E3=0,6; e E0=0,0. Foram aplicados via EET (kg ha⁻¹) no tratamento E5: N=550, P=31, K=185, Ca=154, Mg=51 e Na=615. Os demais tratamentos receberam quantidades proporcionais às frações de aplicação. Todos os tratamentos receberam adubação mineral de 153-432 kg ha⁻¹ em P-K e no E0 aplicaram-se 455 kg ha⁻¹ de N. As adubações foram aplicadas a cada 28 dias, em quantidades de acordo com a necessidade da cultura. Aplicações de EET proporcionaram disponibilidade de macronutrientes superiores à adubação mineral, possibilitando reduzir custos com fertilizantes. Não houve alterações no pH, mas a condutividade elétrica foi maior nos tratamentos sob EET, devido a alta concentração de sódio, indicando baixo a médio potencial de sodificação. Baixas concentrações de nitrogênio na solução do solo indicam baixo risco de contaminação de águas subterrâneas.

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, química do solo, solução do solo.

CHANGES IN SOIL CHEMICAL PROPERTIES UNDER APPLICATION OF TREATED EFFLUENT AND MINERAL FERTILIZER

ABSTRACT: Plants require nutrients to promote their growth by absorbing the ones that are readily available in soil solution. This study evaluated the effect of application of treated sewage effluent (TSE) and mineral fertilization on soil chemical composition and soil solution, in an under with cultivation of *Brachiaria brizantha*. A triple line source sprinkler system was used to provide uniform distribution of irrigation, but gradual TSE application, allowing to define three treatments with the following effluent fractions in water: E5=1.0; E3=0.6; e E0=0.0. Through EET (kg ha⁻¹), the amounts applied in the treatment E5 were: N=550, P=31, K=185, Ca=154, Mg=51 e Na=615. Treatments E3 and E0 received quantities proportionally to the application fractions. Fertilizations using 153-432 kg ha⁻¹ in P-K were also applied in all treatments, in addition to 455 kg ha⁻¹ in N applied to E0. Fertilizations were

applied every 28 days, in doses according to the crop needs. Effluent applications allowed higher nutrient availability as compared to mineral fertilized treatment, which can reduce costs with fertilizers. There were no changes on pH and electrical conductivity was increased in treatments with TSE, due to high sodium, indicating low to medium potential for sodification. In addition, low nitrogen concentrations I soil solution indicate low risk for watertable contamination.

KEYWORDS: wastewater, soil chemistry, soil solution

INTRODUÇÃO

A redução da disponibilidade hídrica dos mananciais devido ao uso competitivo dos recursos hídricos e os elevados custos com fertilizantes químicos tornam vantajoso a aplicação de águas residuária via fertirrigação.

Em geral, águas residuárias contêm altas concentrações de macronutrientes e micronutrientes e sua aplicação em forma de fertirrigação supre as principais necessidades nutricionais das culturas, reduz os custos com fertilizantes químicos e evita lançamento aos corpos hídricos (ANDRADE FILHO et al., 2013). A fertirrigação também reduz as perdas de nutrientes por lixiviação, além de permitir seu melhor aproveitamento em razão do parcelamento da adubação (Souza et al., 2012)

No entanto, Erthal et al. (2009) concluíram que as alterações no solo pela fertirrigado com água residuárias, como de bovinocultura, somente se manifestam após longo período de aplicação. Afirmaram ainda que a disposição de águas residuária no sistema solo-planta, quando feito sem critérios agronômicos e ambientais, pode causar toxidade às plantas, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

O uso de EET no meio agronômico requer práticas e técnicas adequadas de tratamento e disposição no ambiente, devido às elevadas concentrações de íons dissolvidos, tais como sódio, boro e cloretos, além de organismos patogênicos (ANDRADE FILHO et al., 2013).

O pH e a condutividade elétrica da solução do solo são indicativos rápidos do conhecimento do grau de acidez ou alcalinidade ou da concentração de sais minerais no solo, respectivamente.

Assim, neste trabalho, avaliaram-se o efeito da disposição de efluente de esgoto tratado e adubação mineral na composição química do solo e na solução do solo em diferentes profundidades, em área com cultivo de braquiária brizanta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o ano de 2013 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP), em Jaboticabal, SP (latitude 21°14'41,9"S e longitude 48°16'25,2"O). Utilizou-se efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dr. Adelson Taroco, localizada próxima à área experimental. Essa ETE coleta esgoto da cidade de Jaboticabal, cujo município possui 71.662 habitantes, área territorial de 707 km² e densidade demográfica de 101,4 hab km⁻² (IBGE, 2010).

De acordo com a classificação climática de Köppen, Jaboticabal apresenta clima subtropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (ROLIM et al., 2007) com temperatura média anual de 22,2°C, precipitação média de 1.425 mm ano⁻¹ e deficiência e excedente hídrico de 56 e 400 mm ano⁻¹, respectivamente. As condições climáticas durante o período experimental são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições climáticas médias do município de Jaboticabal, SP, em 2013.

Estações do ano	Temperatura do ar (°C)			Umidade do ar (%)	Radiação global (MJ m ⁻²)	Precipitação (mm)	ETo (mm)
	mín	máx	méd				
Verão	14,6	35,0	23,8	76,9	2.195,4	747,8	478,9
Outono-Inverno	4,6	31,3	20,0	69,2	1.935,5	220,7	371,5
Primavera	5,4	35,9	22,8	63,6	2.130,1	419,4	496,0

Fonte: UNESP (2013).

O solo da área experimental é Latossolo Vermelho eutroférico típico, com textura muito argilosa, A moderado, caulínítico, relevo suave ondulado e ondulado (ANDRIOLI e CENTURION, 1999).

O experimento foi conduzido em área útil de 172,8 m², constituídas de 12 parcelas de 14,4 m², com 2,4 m de largura e 6 m de comprimento. Distribuição uniforme da lâmina de irrigação e gradual de EET foi obtida com um sistema de aspersão em linha tripla, possibilitando definir cinco tratamentos, em quatro repetições, com as seguintes frações do efluente em água: E5=1,0; E3=0,6; e E0=0,0 (Figura 1).

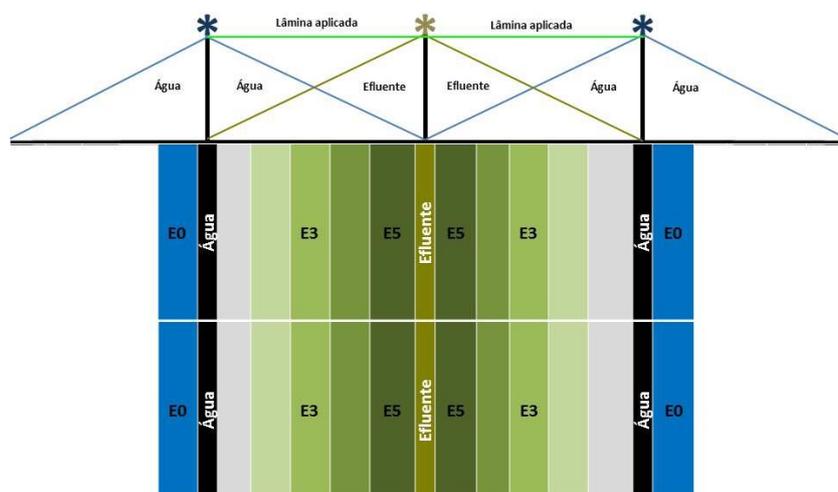


Figura 1. Esquema experimental com as linhas de distribuição gradual de EET em água.

O controle da fertirrigação seguiu a necessidade nutricional da cultura, conforme proposto por Vilela et al. (1998), de reposição de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) exportado pelas forrageiras ao longo do ano ou a demanda hídrica pelo método FAO 56, no tratamento referência (E3), considerando o critério de maior valor.

Amostras mensais do efluente foram coletadas para determinar a concentração de nitrogênio presente no efluente. Ao término de cada estação do ano foram feitas análises completas de nutrientes no EET. As análises foram realizadas pelo método APHA (2005).

Devido à baixa concentração de P e K no efluente, houve complementação com adubação mineral de 153-432 kg ha⁻¹ de P-K em todos os tratamentos, além da aplicação de 455 kg ha⁻¹ de N no tratamento E0. As adubações foram aplicadas de acordo com a necessidade da cultura.

Amostras de solo foram coletadas em duas épocas, em novembro de 2012, para caracterização das condições iniciais, e em setembro de 2013, para verificar o efeito da aplicação de EET. As amostras de solo foram retiradas em todos os tratamentos, em quatro repetições, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, formando amostras compostas por tratamento e por profundidade. As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos e Adubos da FCAV-Unesp.

A análise dos nutrientes contidos na solução do solo foi realizada em setembro de 2013, a partir de amostras compostas coletadas nas profundidades de 10, 55 e 100 cm. Os elementos analisados foram nitrogênio total, cálcio, magnésio e sódio no laboratório Ribersolo, de Ribeirão Preto, SP.

Através do teste de Scott-Knott, com auxílio do programa SISVAR v.5.3 (FERREIRA, 2011), avaliaram-se os efeitos da aplicação de EET na composição química do solo, condutividade elétrica e pH da solução do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento em 2013, a lâmina acumulada de evapotranspiração da cultura foi de 981 mm, a precipitação de 1.388 mm e a irrigação de 1.210 mm.

As características do efluente durante o período experimental são apresentadas na Tabela 2. As concentrações de N-P-K foram $54,8 \pm 8,9$; $0,9 \pm 0,2$ e $16,6 \pm 1,5$ mg L⁻¹, correspondentes a teores alto, muito baixo e médio, respectivamente.

Tabela 2. Características química, física e microbiológica médias do efluente de esgoto tratado da ETE de Jaboticabal do ano de 2013.

Parâmetro	Unidade de medida	Média
pH	-	7,2±0,2
Ce	dS m ⁻¹	0,45±1,0
COT	mg L ⁻¹	36,3±6,8
N-NO ₃	mg L ⁻¹	3,88±0,4
N-NO ₂	mg L ⁻¹	0,03±0,02
N-NH ₃	mg L ⁻¹	35,0±11,4
Ntotal	mg L ⁻¹	54,0±8,9
Norgânico	mg L ⁻¹	16,8±8,7
Ntotal-K	mg L ⁻¹	50,1±9,3
Fetotal	mg L ⁻¹	0,42±0,1
K	mg L ⁻¹	16,6±1,5
P	mg L ⁻¹	0,9±0,2
DQO	mg L ⁻¹	252,0±43,3
DBO	mg L ⁻¹	49,0±14,7
Ca	mg L ⁻¹	14,0±1,2
Mg	mg L ⁻¹	5,0±0,8
RS	mg L ⁻¹	0,2±0,0
OG	mg L ⁻¹	105,3±82,4
Su	mg L ⁻¹	20,9±1,2
Mn	mg L ⁻¹	0,1±0,1
Zn	mg L ⁻¹	0,4±0,4
Na	mg L ⁻¹	54,8±7,1
RAS	-	28,7±12,2
CT	NMP 100 ⁻¹ ml	19.867±19.422
EC	NMP 100 ⁻¹ ml	2.933±2.711

Obs.: pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; COT: Carbono orgânico total; N-NO₃: Nitrogênio nitrato; N-NO₂: Nitrogênio nitrito; N-NH₃: Nitrogênio amoniacal; Ntotal: nitrogênio total; Norgânico: Nitrogênio orgânico; Ntotal-K: Nitrogênio total de Kjeldahl; Fetotal: Ferro total; K: Potássio; P: Fósforo; DQO: Demanda química de oxigênio; DBO: Demanda biológica de oxigênio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; RS: Resíduos sedimentares; OG: Óleos e graxas; Su: Sulfato; Mn: Manganês; Zn: Zinco; Na: Sódio; RAS: Razão de adsorção de sódio; CT: Coliformes totais; EC: Escherichia Coli.

O efluente apresentou salinidade média ($0,45 \pm 1,0$ dS m^{-1}) e alta razão de adsorção de sódio (RAS = $28,7 \pm 12,2$). Segundo a classificação adotada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, publicada em 1954, o efluente utilizado neste trabalho é classificado como C₂S₄, correspondente a risco médio de salinização e alto risco de sodificação.

Conforme o critério de manejo de irrigação adotado, o efluente sem mistura com água aplicado no tratamento E5 disponibilizou as seguintes quantidades de nutrientes, em kg ha⁻¹: 550, 31, 185, 154, 51, 615, 4,2, 0,6, 3,3 de N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn e Zn, respectivamente. O tratamento E3 recebeu 60% desses valores juntamente com 40% de água e o E0 não recebeu efluente, somente água.

A análise de solo realizada com amostras coletadas antes do início do experimento (novembro de 2012) demonstrou que a área apresentava características muito uniformes (Tabela 3).

Tabela 3. Características médias do perfil do solo (0-100 cm) iniciais (novembro/2012) e após aplicação de fertirrigação com EET (setembro/2013).

Tratamento	pH	MO	Presina	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³							%
Inicial										
E5	5,5	19,8	55,5	3,9	26,2	12,0	27,0	42,1	69,1	59,8
E3	5,6	18,7	51,0	4,4	22,8	11,5	25,7	38,7	64,4	56,5
E0	5,3	19,8	37,7	3,3	22,0	11,3	30,5	36,6	67,1	51,8
Pós-fertirrigação										
E5	5,6	22,3	44,2	3,2	32,5	13,2	24,3	48,9	73,2	65,2
E3	5,5	23,0	39,2	3,2	32,0	14,3	26,0	49,6	75,6	63,8
E0	5,5	20,2	33,2	2,4	26,7	11,7	25,3	40,7	66,1	59,5

Após dez meses aplicando fertirrigação com EET, a análise de solo mostrou que, mesmo com a adubação complementar por P e K ao solo, houve redução na concentração desses nutrientes em relação à condição inicial (Tabela 3). No entanto, os teores mantiveram-se em níveis classificados como alto para fósforo (Presina > 12 mg dm⁻³) e potássio (K > 3 mmol dm⁻³). Na análise de novembro de 2013, o tratamento sem aplicação de efluente (E0) apresentou menores teores de fósforo e potássio. Houve acentuado acréscimo na concentração dos teores de cálcio e magnésio nos tratamentos E5 e E3, contribuindo para o aumento da saturação de bases nos tratamentos que receberam efluentes. Também a matéria orgânica no solo nos tratamentos com EET foi superior ao tratamento com adubação mineral (E0). O aumento da concentração de matéria orgânica por tratamento após a aplicação de EET, em relação à condição inicial, foi de 2,5, 4,3 e 0,4% para E5, E3 e E0, respectivamente. Parte desse acréscimo se deve à contribuição de biomassa da braquiária, como verificado no tratamento E0, e o restante pode ser atribuído à aplicação do efluente, como observado nos tratamentos E5 e E3.

Assim como os macronutrientes, os micronutrientes apresentaram condições iniciais semelhantes, exceto para o ferro e enxofre (Tabela 4). A aplicação de EET durante dez meses não alterou a concentração de micronutrientes, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Concentrações médias de micro nutrientes do perfil do solo (0-100 cm) iniciais (novembro/2012) e após aplicação de fertirrigação com EET (setembro/2013).

Tratamento *	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO ₄	Al
	mg dm ⁻³						mmol dm ⁻³
Inicial							
E5	0,3	3,8	12,3	18,7	1,9	9,8	0,0
E3	0,3	3,3	10,8	17,2	1,7	28,5	0,0
E0	0,3	3,5	15,5	16,2	1,4	35,0	0,0
Pós-fertirrigação							
E5	0,3	4,1	17,7	24,8	2,2	31,3	0,0
E3	0,3	4,3	19,3	26,0	2,0	29,8	0,0
E0	0,3	4,0	17,0	21,3	1,5	39,5	0,0

Os resultados da análise da solução do solo mostram que a aplicação de EET favoreceu o aumento de cálcio, magnésio e sódio na solução do solo, em relação à adubação mineral em todas as profundidades avaliadas (Tabela 5). Constataram-se baixas concentrações de nitrogênio na solução do solo (<0,1 mg L⁻¹) em todas as profundidades, exceto o tratamento no E3 na profundidade de 10 cm. Provavelmente, o nitrogênio disponível foi totalmente absorvido pela forrageira, devido à alta produtividade, e parte pode ter sido lixiviado. Pinto et al. (2013), avaliando concentrações de nitrato, nitrito e amônia presentes na solução do solo fertirrigado com EET nas profundidades de 0,25 e 0,50 cm, obtiveram concentração máxima em ambas as profundidades de 67,12 mg L⁻¹ de nitrato, 0,03 mg L⁻¹ de nitrito e 0,814 mg L⁻¹ de amônia, concluindo que o percolado não apresentou riscos às águas subterrâneas. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho mostram que não há riscos aos recursos hídricos subterrâneos, uma vez que a cultura exporta a maior parte do nitrogênio aplicado.

Tabela 5. Composição química da solução do solo em diferentes em diferentes tratamentos e profundidades de extração.

Elemento	Profundidade (cm)	E5	E3	E0
N total (mg L ⁻¹)	10	<0,1	1,4	<0,1
	55	<0,1	<0,1	<0,1
	100	<0,1	<0,1	<0,1
Cálcio (mg L ⁻¹)	10	18,7	16,9	7,3
	55	15,6	19,4	8,1
	100	19,3	14,8	13,0
Magnésio (mg L ⁻¹)	10	5,9	5,8	2,3
	55	4,1	6,2	2,1
	100	4,1	3,5	2,6
Sódio (mg L ⁻¹)	10	65,0	43,9	7,9
	55	50,6	33,4	7,7
	100	40,6	37,0	7,5
RAS	10	18,5	13,0	3,6
	55	16,1	9,3	3,4
	100	11,9	12,2	2,7

Aplicações constantes e crescentes de EET proporcionaram maiores concentrações de sódio em relação à adubação mineral em todo o perfil do solo (Tabela 5). As concentrações de cálcio e magnésio também foram mais elevadas nos tratamentos com EET, porém não foram suficientes para neutralizar o aumento da razão de adsorção de sódio, que foi mais alta no tratamento E5, intermediário no E3 e baixa no E0. De acordo com Andrade Neto et al. (2013)

as altas concentrações de sódio em relação a cálcio e magnésio na solução do solo dos tratamentos fertirrigado podem causar deterioração da estrutura do solo pela dispersão de colóides e subsequente obstrução dos macroporos, causando redução da permeabilidade à água e aos gases.

A condutividade elétrica saturada no perfil do solo foi mais alta nos tratamentos com maiores concentrações de EET (E5 e E3) e menor no tratamento com menor concentração (E0). No tratamento intermediário (E3) a condutividade elétrica aumentou da superfície até 55 cm de profundidade e depois decresceu nas camadas mais profundas, enquanto que nos demais tratamentos os valores foram uniformes no perfil (Tabela 6). A comparação das médias em cada profundidade mostrou valores significativamente mais elevados no tratamento E5, seguido do E3 e, por último, do E0. Esse efeito é também mostrado na Figura 2, em que se apresenta a espacialização da condutividade elétrica saturada média em função dos tratamentos. Esses resultados mostram que a aplicação de EET afetou a condutividade elétrica saturada do solo. No entanto, os valores mais elevados do tratamento E5 foram inferiores aos níveis considerados críticos, indicando que a aplicação de EET não apresenta risco de salinização do solo. A maior condutividade elétrica da solução do solo nos tratamentos E5 e E3 (Tabela 6 e Figura 2) está relacionada à aplicação de EET com elevadas concentrações de íons, tais como sódio, potássio, cálcio e magnésio. A menor condutividade elétrica no tratamento E0 é em função da aplicação do fertilizante mineral, composto somente de N-P-K, resultando em menor concentração de sais.

Tabela 6. Condutividade elétrica saturada média da solução do solo (dS m^{-1}) em diferentes tratamentos e profundidades de extração.

Tratamento	Profundidade (cm)					Média
	15	30	55	85	100	
E5	0,40 a	0,38 a	0,41 a	0,38 a	0,37 a	0,39
E3	0,31 b	0,29 b	0,36 b	0,27 b	0,25 b	0,30
E0	0,14 c	0,14 c	0,16 c	0,17 c	0,17 c	0,16
Cv (%) =	12,23	11,67	10,30	8,98	8,91	-

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

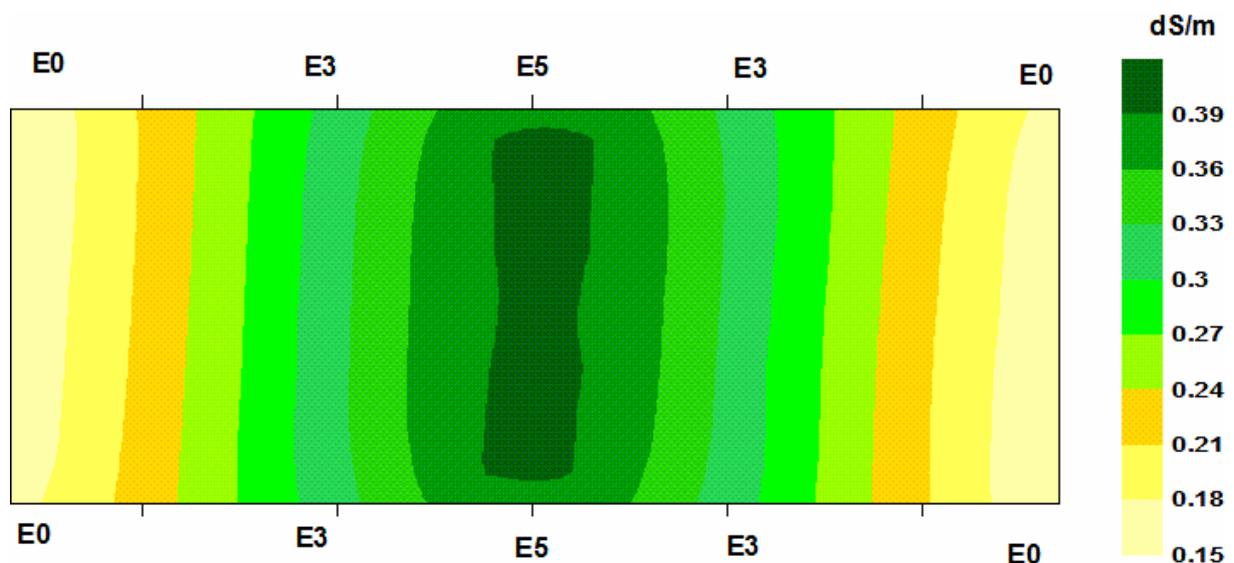


Figura 2. Espacialização da condutividade elétrica saturada média da solução do solo (0-100 cm) nos tratamentos.

A análise do pH na solução do solo revelou que aplicações de EET e fertilizante nitrogenado mineral resultaram em condição alcalina nas camadas superficiais até 55 cm de profundidade para os tratamentos com efluente e até 30 cm para o tratamento com adubação mineral (Tabela 7). A comparação de médias dos tratamentos por profundidade não apresentou diferenças significativas. Andrade Filho et al. (2013), avaliando o efeito da aplicação de EET na cultura do algodoeiro cultivado sob dois tipos de solo, não obtiveram resposta significativa de pH para Latossolo, mas significativa para Cambissolo, atribuindo esse efeito à adição de cátions trocáveis, ânions e resíduos orgânicos ao solo. Silva et al. (2012), avaliando o pH da solução do solo em condições de sequeiro, obteve diferença significativa em função da época de extração (seco e chuvoso), profundidade e doses de água residuária de bovinocultura. Resultados semelhantes aos deste experimento foram obtidos por Medeiros et al. (2011), avaliando as características químicas do solo sob algodoeiro fertirrigado com doses de água residuária de suinocultura. Esse autores obtiveram redução dos de pH do solo com a profundidade, independentemente do tratamento adotado, associando o fato ao as baixas presença de H^+ , proporcionando a elevação dos cátions básicos (Mg, K e Na) e a possível formação de compostos insolúveis entre P e Ca, restringindo a sua disponibilidade no solo.

Tabela 7. pH médio da solução do solo em diferentes tratamentos e profundidades de extração.

Tratamento	Profundidade (cm)					Média
	15	30	55	85	100	
E5	7,29 a	7,15 a	7,11 a	6,92 a	6,98 a	7,09
E3	7,34 a	7,01 a	7,05 a	6,82 a	6,72 b	6,99
E0	7,31 a	7,30 a	6,88 a	6,85 a	6,94 a	7,05
Cv (%) =	2,37	2,29	2,49	2,26	1,73	-

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

CONCLUSÕES

Aplicações de EET com alto teor de nitrogênio, baixo de fósforo e médio de potássio, além de salinidade média e sodicidade alta, durante dez meses em Jaboticabal, SP, em comparação com tratamento com adubação mineral, apresentaram os seguintes efeitos:

- Qualidade do solo superior à adubação mineral, indicando possibilidade de redução dos custos com fertilizante pela aplicação de efluente.
- Aumento na disponibilidade de macronutrientes e maior saturação de bases, com maiores nos teores de fósforo, potássio, cálcio magnésio e matéria orgânica;
- Não houve efeito nos teores de micronutrientes;
- Análises da solução do solo não mostraram alteração do pH, mas a condutividade elétrica foi mais elevada nos tratamentos com EET, porém em níveis abaixo do crítico;
- A solução do solo nos tratamentos sob aplicação de EET apresentou maiores teores de sódio, cálcio e magnésio, resultando razão de adsorção de sódio mais elevada, porém abaixo dos níveis críticos;
- A concentração do nitrogênio na solução do solo foi muito baixa, podendo ser atribuído à elevada absorção de nutrientes pela forrageira, o que minimizaria os riscos de contaminação da água subterrânea pelo nutriente;
- Análises mais detalhadas devem ser realizadas a fim de identificar se o nitrogênio no solo foi lixiviado ou absorvido pelas culturas.

- Os tratamentos com efluente apresentaram maior quantidade de sais na solução do solo com elevado teor de sódio, porém, com baixo a médio potencial de solidificação (RAS<18,5).

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela ajuda financeira e ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal - SAAEJ pela disponibilidade do efluente.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 edition, Washington, 2005.
- ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O. N. de; DIAS, N. da S.; NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F. de; COSME, C. R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, v.18, n.4, p.661-674. 2013.
- ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, Brasília, 1999. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 32p. (CD-ROM).
- ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.
- FERREIRA, A. R. **Clima - programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos**. Londrina: IAPAR, 2002. 29p.:il. (IAPAR. Boletim Técnico, 66).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.org.br>. Acesso em: 23/10/2013.
- MEDEIROS, S. de 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**, n.35, p.1047-1055, 2011.
- PINTO, M. C. K.; CRUZ, R. L.; FRIGO, E. P.; FRIGO, M. S.; HERMES, E. Contaminação das águas subterrâneas por nitrogênio devido á irrigação com efluente do tratamento de esgoto. **Irriga**, v.18, n.2. 2013.
- ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Koppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, p.711-720, 2007.
- SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; PIRES, C. S.; ANDRADE, I. P. de S.; SILVA, G. T. da. Avaliação da condutividade elétrica e PH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, Edição Especial, p.250-263, 2012.
- SOUZA, T. R. de; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.6, p.846-854, 2012.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Dados climáticos diários**. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrado. Circular Técnico 37. 1998. 16p.**