

## AValiação Nutricional do Solo Cultivado com *BRACHIARIA* E IRRIGADO COM EFLUENTE DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ALINE M. da SILVA BARBOSA<sup>1</sup>, ROGÉRIO T. de FARIA<sup>2</sup>, LUCIANA M. SARAN<sup>3</sup>,  
ANDERSON P. COELHO<sup>4</sup>, LUÍS G. P. LIBARDI<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Ambiental, Mestra em Agronomia (Ciência do solo), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, [aline.m.barbosa@hotmail.com](mailto:aline.m.barbosa@hotmail.com).

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, [rogeriofaria@fcav.unesp.br](mailto:rogeriofaria@fcav.unesp.br).

<sup>3</sup>Dra. em Química, Prof. Dra. Depto. de Tecnologia, FCAV/UNESP, Jaboticabal, [lmsaran@fcav.unesp.br](mailto:lmsaran@fcav.unesp.br).

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, [anderson\\_100ssp@hotmail.com](mailto:anderson_100ssp@hotmail.com).

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, [lgplibardi@gmail.com](mailto:lgplibardi@gmail.com).

Apresentado no  
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018  
06 a 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil.

**RESUMO:** O reúso de efluentes de estações de tratamentos de esgotos (EETE) é uma alternativa viável para suprir a demanda hídrica da irrigação em áreas com limitação de recursos hídricos. Além disso, a aplicação de EETE na agricultura fornece nutrientes essenciais às culturas. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os teores de macronutrientes e micronutrientes do solo irrigado com diferentes concentrações de EETE, cultivado com *Brachiaria*, em área experimental em Jaboticabal, SP. O EETE foi aplicado durante 4 anos (2013 a 2017), em dois experimentos, utilizando um sistema de aspersão em linha tripla, com delineamento em faixas e quatro repetições. Cinco tratamentos foram estabelecidos pela aplicação de lâmina uniforme de irrigação, mas gradual de EETE, com as seguintes frações do efluente em água: E5 = 100%; E4 = 87%; E3 = 60%; E2 = 31%; E1 = 11% e E0 = 0. O tratamento E0, em que se aplicou apenas água, recebeu fertilizantes (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio), em quantidade equivalente à aplicada no tratamento E3 via efluente. A aplicação do EETE no solo cultivado com *Brachiaria* durante 4 anos aumentou a fertilidade do solo, em consequência do aumento das concentrações de macro e micronutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reúso de água; análise química do solo; fertirrigação.

## NUTRITIONAL EVALUATION OF SOIL CULTIVATED WITH BRACHIARIA IRRIGATED WITH EFFLUENT OF SEWAGE TREATMENT

**ABSTRACT:** The reuse of effluents from sewage treatment plants (EETE) is a viable alternative to supply the water demand of irrigation in areas with limited water resources. In addition, the EETE application in agriculture provides essential nutrients to crops. The objective of this work was to evaluate the macronutrient and micronutrient contents of the irrigated soil with different concentrations of EETE, cultivated with *Brachiaria*, in an experimental area, in Jaboticabal, SP. The EETE was applied for 4 years (2013 to 2017) in two experiments using a triple inline spray system, with delineation bands, with four replicates. Five treatments were established by the application of a uniform but gradual irrigation blade of EETE, with the following fractions of the effluent in water: E5 = 100%; E4 = 87%; E3 = 60%; E2 = 31%, E1 = 11% e E0 = 0. Treatment E0, in which only water was applied, received fertilization (urea, triple superphosphate and potassium chloride) equivalent to that applied to the E3 treatment via effluent. The application of EETE in soil cultivated

with *Brachiaria* for 4 years increased soil fertility as a result of the increase of macro and micronutrient concentrations.

**KEY WORDS:** Reuse of water; soil chemical analysis; fertigation.

## INTRODUÇÃO

Com a escassez da água em algumas regiões e o aumento pela demanda do uso da mesma na agricultura para manter a produtividade agrícola, o reúso das águas residuais torna-se uma alternativa cada vez mais promissora (LEAL, 2007). O efluente da estação de tratamento de esgoto (EETE) fornece nutrientes, como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio essenciais para produtividade de diferentes cultivos e aumento da fertilidade do solo, além de reduzir o uso de fertilizantes e também os gastos na produção agrícola pela diminuição desses produtos (BURBARELLI et al., 2010; SILVA et al., 2012; PINTO et al., 2013).

As águas residuais se forem tratadas de forma adequada e utilizadas apropriadamente tornam-se fontes valiosas de recursos hídricos e de nutrientes para a agricultura, além de trazer benefícios ao meio ambiente, ao evitar o despejo desses efluentes nos corpos hídricos. As regiões áridas e semiáridas brasileiras são locais que sofrem com a seca e necessitam de alternativas viáveis para minimizar a carência por água. Essas localidades são propícias ao reúso de águas residuais, suprimindo, dessa forma, a demanda por água na agricultura (SILVA et al., 2012).

Em estudo realizado por Santos et al., (2017), em Jaboticabal, SP, durante dois anos (2013 a 2014), na mesma área experimental do presente estudo, observou que a aplicação de EETE proporcionou elevado suprimento anual de nutrientes para a cultura de *Brachiaria* (1132 kg ha<sup>-1</sup> de N, 464 kg ha<sup>-1</sup> de K, além de outros macronutrientes e micronutrientes essenciais) e aumentou a produção de forragem em cerca de 60% (28 t ha<sup>-1</sup>, sem aplicação de efluente, para 52 t ha<sup>-1</sup> com a dose máxima de efluente). Esse autor observou também que a aplicação de EETE durante 24 meses aumentou a concentração de nutrientes no solo e que houve boa absorção de nutrientes pela cultura, reduzindo, desta forma, possíveis acúmulos desses nutrientes no solo.

Ao término do experimento de Santos et al., (2017), o grupo de pesquisa optou pela sua continuidade na mesma área por mais dois anos (2015 a 2017), fazendo-se ajustes nos tratamentos, conforme descrito a seguir neste trabalho. Essa decisão foi tomada em virtude da necessidade de completar o estudo de resposta sobre a concentração de macro e micronutrientes do solo com o aumento do tempo de aplicação do EETE.

Nesse contexto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os teores de macronutrientes e micronutrientes do solo irrigado com diferentes concentrações de EETE, cultivado com *Brachiaria*, considerando todo o período experimental entre 2013 a 2017.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área e delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos na FCAV-UNESP, em Jaboticabal, SP (Latitude 21°15'S, Longitude 48°18'W e altitude de 595 m). O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa, A moderado caulinitico apoférico, alto teor de ferro e relevo suave a ondulado, com declividade de 5% (SANTOS et al., 2013). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é classificado como subtropical úmido, Cwa (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de 1.400 mm e temperatura média anual de 22,7°C, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

No presente estudo foram considerados os dados obtidos no experimento conduzido de fevereiro de 2013 a janeiro de 2015 por Santos et al., (2017), bem como os dados do experimento conduzido entre fevereiro de 2015 a janeiro de 2017, dando prosseguimento às pesquisas. No experimento conduzido por Santos et al., (2017) foram adotados seis tratamentos constituídos da combinação de seis frações de EETE em água (E5=100%; E4=87%; E3=60%; E2=31%, E1=11% e E0=0). O delineamento experimental foi em faixas, com quatro repetições. No experimento conduzido em continuidade as investigações de Santos et al.,(2017) ampliaram-se o número de tratamentos para 12, constituídos da combinação das 6 frações de EETE em água como na pesquisa anterior, e duas alturas de corte da forragem (30 e 40 cm). O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas, com frações de irrigação na parcela e altura de corte na subparcela, com quatro repetições. Os tratamentos foram estabelecidos pela aplicação da fertirrigação por um sistema de aspersão em linha, com três linhas laterais paralelas de aspersores no espaçamento de 12 m, com os aspersores espaçados de 6 m, com a linha central aplicando EETE e as linhas externas aplicando água. A área total foi de 345,6 m<sup>2</sup>, constituída de 12 parcelas de 28,8 m<sup>2</sup>, com 2,4 m de largura e 12 m de comprimento no experimento conduzido por Santos et al., (2017), e de 24 parcelas com a metade das dimensões no experimento conduzido em continuidade.

O controle da fertirrigação seguiu a necessidade hídrica ou a demanda nutricional da cultura, a que foi maior. A demanda hídrica foi atendida pela aplicação de lâmina de irrigação correspondente à evapotranspiração da cultura, calculada pelo produto da evapotranspiração de referência e coeficiente de cultura unitário. Para atender à demanda nutricional, no experimento de Santos et al., (2017) foi aplicado 15 kg ha<sup>-1</sup> N por tonelada de biomassa produzida no tratamento E3 (VILELA et al., 1998), que foi tomado como referência, durante os intervalos de corte da forragem. Fertilizantes foram aplicados para suplementar as necessidades de fósforo e potássio em todos os tratamentos nas dosagens de 3,5 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 18 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O por tonelada de biomassa produzida no tratamento E3, durante os intervalos de corte da forragem. No experimento em continuidade foram aplicadas as mesmas doses de N-P-K que no experimento anterior, porém aumentou-se a dose de N para 22 kg ha<sup>-1</sup> por tonelada de biomassa produzida, aplicando-se 7,5 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia (NU) por tonelada de massa seca produzida no tratamento E3, para complementar os 15 kg ha<sup>-1</sup> de N restantes pela aplicação de EETE. Nos demais tratamentos aplicou-se a mesma dose de NU que no tratamento E3, em adição às frações de EETE correspondentes aos diversos tratamentos.

### **Efluente da estação de tratamento de esgoto e água de irrigação**

A água de irrigação utilizada nas linhas externas do sistema de aspersão em linha foi extraída de um poço artesiano, armazenada em um reservatório instalado ao lado do experimento e depois bombeado para a área experimental.

Para a fertirrigação, utilizou-se efluente da Estação de Tratamento de Esgoto de Jaboticabal, localizada a 1,5 km do experimento. Essa estação recebe esgoto doméstico da cidade com cerca de 80 mil habitantes, tem vazão média de 202 L hab<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, utiliza sistema de tratamento constituído por gradeamento mecânico (fase preliminar), seguido de sistema misto (anaeróbio e aeróbio) composto por um digestor anaeróbio de fluxo ascendente (DAFA) (fase primária) e complementado com o pós-tratamento por três lagoas facultativas paralelas (fase secundária). O EETE foi coletado à jusante das lagoas facultativas e conduzido por tubulação de polietileno até um reservatório, também instalado ao lado do experimento, e depois bombeado para a área experimental.

### **Análise química do Efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (EETE)**

Foi coletada uma amostragem do EETE, no final do experimento, em fevereiro de 2017, no tanque de armazenamento instalado ao lado da área experimental. O Condicionamento foi realizado de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB / ANA, 2011). As análises realizadas foram pH, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, ferro total, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, manganês e sódio.

A condutividade elétrica (CE) e o pH do EETE foram medidos em campo, com auxílio de condutivímetro (Instrutherm, modelo CD-880) e peagâmetro (Instrutherm, modelo pH-1800) portáteis, respectivamente. Os teores de Ca, Mg, Na, K, Mn e Fe, foram determinados por espectroscopia de absorção atômica com chama ar-acetileno, após digestão nitro-perclórica das amostras (APHA, 2005). Nitrogênio total ( $N_{total}$ ) foi determinado usando um kit denominado Spectro Kit Nitrogênio Total, procedência Alfakit. A metodologia de análise adotada neste kit foi adaptada por APHA (2012). A concentração de  $N_{total}$  nas amostras foi analisada em espectroscopia molecular na região visível, após a digestão da amostra com persulfato de potássio e hidróxido de sódio. Nitrogênio amoniacal ( $NH_4^+-N$ ), e nitrogênio kjeldahl ( $N_{Kjeldahl}$ ) foram determinados pelo método de destilação usando destilador de arraste de vapor (APHA, 2005). Nitrogênio orgânico ( $N_{orgânico}$ ) foi calculado pela Equação 1:

$$N_{orgânico} = NH_4^+-N - N_{Kjeldahl} \quad \text{Equação 1}$$

O teor de fósforo total foi determinado por espectroscopia molecular na região visível (método 4500P E) após digestão nitro-sulfúrica das amostras (APHA, 2005).

### **Análise química do solo**

Em fevereiro de 2017, foram coletados uma amostra de solo em cada tratamento (E5, E3, E1, E0) nas quatro repetições do experimento, depois as amostras de seus respectivos tratamentos foram misturadas para formar uma amostra composta, em duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm), totalizando 8 amostras.

O solo foi coletado com trado holandês e seco ao ar e na sombra, destorroado e passado em peneira (2 mm). Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade da FCAV-UNESP, para a determinação do pH, matéria orgânica (MO), fósforo resina (P resina), K, Ca, Mg e acidez potencial (H+Al), e então calculadas a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%) (RAIJ et al., 2001). A concentração de nitrogênio total foi determinada pelo Método de destilação usando destilador de arraste de vapor. (Silva et al, 2009).

Na determinação dos teores de Mn, Co e Fe, adotou-se o método 3050B da USEPA para a extração dos metais das amostras e espectroscopia de absorção atômica com chama ar-acetileno.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **EETE**

Nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e cálcio foram os componentes essenciais para o crescimento da cultura de *Brachiaria* com maior concentração no EETE (Tabela 1). Os valores de pH e CE ficaram abaixo dos limites estabelecidos na resolução N. 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA (Brasil, 2011), para despejos de efluente em corpos hídricos e pela Food and Agriculture Organization, FAO, para reutilização na agricultura (AYERS & WESTCOT,1991).

Os resultados apresentados na Tabela 1 são similares aos obtidos durante o verão por Santos (2015), que realizou monitoramento das características químicas do mesmo EETE nos dois anos antecedentes a esta pesquisa. Isto indica que as características químicas do EETE foram mantidas ao longo dos quatro anos de análise, o que pode ser atribuído à estabilidade da composição do esgoto doméstico recebido pela estação de tratamento de Jaboticabal.

Santos (2015) constatou também que o pH, CE e nitrogênio total apresentaram concentrações mais elevadas no outono-inverno (7,2; 0,51 dS m<sup>-1</sup> e 56,4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente), em comparação com o verão (6,6; 0,43 dS m<sup>-1</sup> e 45,9 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente). Fonseca et al. (2007) e Singh & Bhati (2003), também observaram que as concentrações dos componentes presentes no EETE variam durante o período do ano, sendo que na época mais chuvosa as concentrações diminuem, devido à diluição dos constituintes presentes no EETE.

A CE (0,44 dS m<sup>-1</sup>) e a RAS (5,6 mmol L<sup>-1</sup>) classificam o EETE como C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, segundo Richards (1954), correspondente a risco médio de salinização e risco baixo de sodificação. Santos (2015), analisando o mesmo EETE nos dois anos antecedentes à presente pesquisa constatou valores semelhantes. Apesar das altas concentrações de Na, o valor de RAS manteve-se baixo devido à atenuação do seu efeito pelas altas concentrações de Ca e Mg, resultando em baixo risco potencial de sodificação do solo com a fertirrigação utilizando o EETE de Jaboticabal.

As características químicas do EETE de Jaboticabal são comparáveis com as de demais regiões do Brasil e do mundo (LEAL et al. 2009; GLOAGUEN et al. 2007; GHARAIBEH et al. 2016), porém divergiu da composição do EETE de Lins, SP, localizada cerca de 200 km de Jaboticabal. Naquele local, o EETE apresenta alta concentração de Na (145,79 mg L<sup>-3</sup>) e RAS (11,94) (FONSECA et al., 2007b).

**Tabela 1.** Características químicas do efluente da estação de tratamento de esgoto de Jaboticabal, em 2013, 2014 e fevereiro de 2017.

Variáveis	Unidades	2013 e 2014*	2017	Valores Limites/Fonte
pH	-	7,0 ± 0,3	7,4	5-9 <sup>a</sup>
CE	(dS m <sup>-1</sup> )	0,46 ± 0,01	0,44	<3 <sup>b</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg L <sup>-1</sup>	33,3 ± 15,8	38,33	1-40 <sup>c</sup>
N <sub>total</sub>	mg L <sup>-1</sup>	52,9 ± 7,0	44,36	-
N <sub>orgânico</sub>	mg L <sup>-1</sup>	11,3 ± 11	2,33	-
N total-K	mg L <sup>-1</sup>	49,1 ± 8,1	40,66	-
Fe <sub>total</sub>	mg L <sup>-1</sup>	0,53 ± 0,3	0,39	<5 <sup>c</sup>
K	mg L <sup>-1</sup>	20,3 ± 7,2	15,3	10-40 <sup>c</sup>
P <sub>total</sub>	mg L <sup>-1</sup>	1,1 ± 0,4	2,2	<2 <sup>b</sup>
Ca	mg L <sup>-1</sup>	15,5 ± 6,4	12,0	20-120 <sup>c</sup>
Mg	mg L <sup>-1</sup>	6,2 ± 2,6	2,72	10-50 <sup>c</sup>
Mn	mg L <sup>-1</sup>	0,1 ± 0,1	0,15	1,0 <sup>a</sup>
Na	mg L <sup>-1</sup>	58,8 ± 8,7	58,5	50-250 <sup>c</sup>
RAS	mmol L <sup>-1</sup>	3,3 ± 0,6	5,59	4,5-7,5 <sup>c</sup>

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N: amônio; N<sub>total</sub>: nitrogênio total; N<sub>orgânico</sub>: nitrogênio orgânico; N<sub>total-K</sub>: nitrogênio total Kjeldahl; Fe<sub>total</sub>: ferro total; K: potássio; P<sub>total</sub>: fósforo total; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Mn: manganês; Zn: zinco; Na: sódio;

RAS: razão de adsorção de sódio; Fonte: <sup>a</sup>Brasil (2011); <sup>b</sup>Ayers e Westcot (1991); <sup>c</sup>Feigin, Ravina e Shalhevet (1991).

\*Santos et al. (2017).

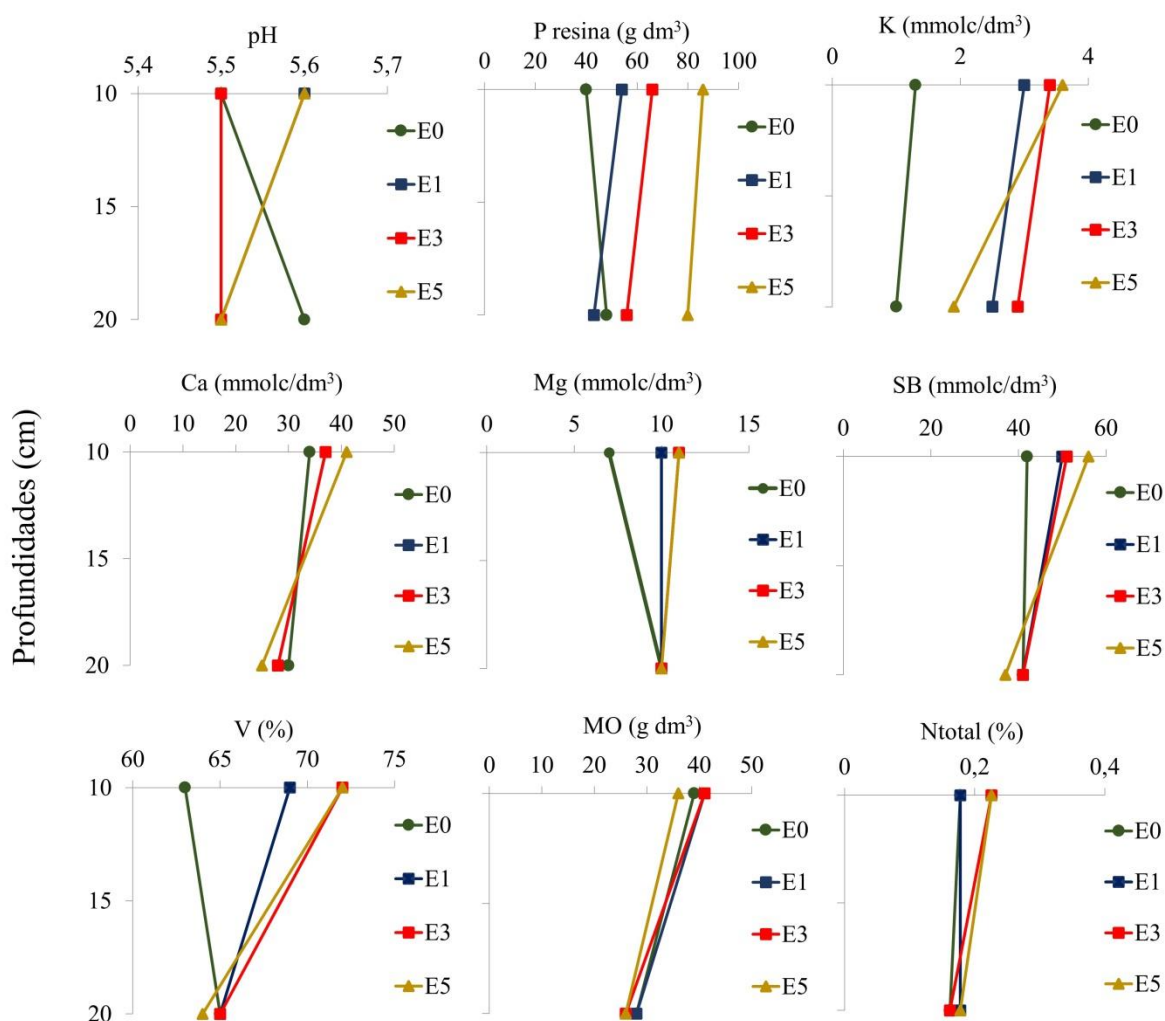
### **Macronutrientes no solo**

Em 2017, o maior valor de pH foi observado no tratamento com a maior concentração de efluente (E5) e o menor valor, no tratamento E0 (sem efluente) (Figura 1). Porém, não houve grandes variações entre tratamentos e profundidade, indicando que o efeito do efluente não foi importante, mesmo nos tratamentos com maior concentração. As análises realizadas por Santos (2015), nos anos anteriores, na mesma área experimental, indicaram valores de pH entre 5,8 (maior valor) no tratamento E5 e 5,4 (menor valor) no tratamento E0. Abegunrin et al. (2016), ao analisarem parâmetros físico-químicos no solo irrigado com EETE, constataram que a utilização de águas residuais aumenta o valor de pH do solo. Por outro lado, em estudos realizados por Mojiri e Jalalian (2011), usando águas residuais na irrigação, observaram diminuição do pH do solo, estando este, relacionado ao pH do efluente. Smith et al. (1996) atribuem as mudanças de pH do solo ao pH do efluente usado para a irrigação. O poder tampão faz com que alguns solos não alterem seu pH com muita facilidade ao serem fertirrigado com efluente.

As maiores concentrações de P, K, Ca, Mg, SB e V ocorreram no tratamento E5, principalmente na camada superficial (0-10 cm) e decresceram com a profundidade (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Kiziloglu et al. (2007); Mojiri & Jalalian (2011), constatando que o EETE contém teores significativos de macronutrientes que aumentam as concentrações desses elementos no solo fertirrigado. Comparando os resultados obtidos em 2017, com os obtidos por Santos (2015), em anos anteriores, na mesma área experimental, verifica-se que as concentrações de macronutrientes foram menores em todos os tratamentos em 2017, isso dar-se pela menor lâmina de irrigação de efluente nesse ano, diminuindo a quantidade de efluente aplicado, e também pode ter ocorrido a absorção dos mesmos pela planta e/ou perdas por lixiviação. Ressalta-se, que plantas forrageiras apresentam alta absorção de nutrientes, durante o período de crescimento (FONSECA et al., 2007a).

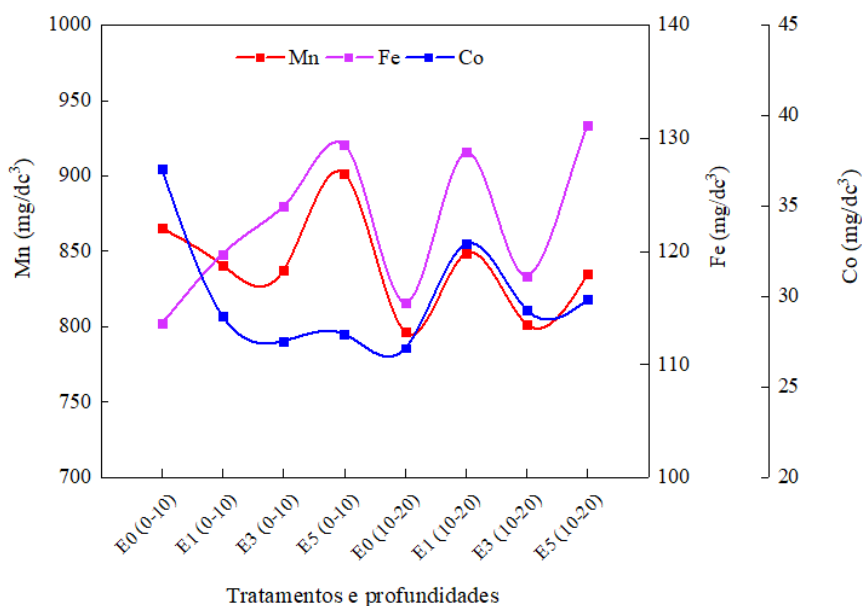
Concentrações mais elevadas de matéria orgânica foram constatadas na camada superficial do solo (0-10 cm), como esperado, com uniformidade entre os tratamentos. O mesmo foi encontrado por Santos (2015), em estudo anterior, na mesma área experimental, indicando que o EETE não influencia no aumento da MO (Figura 1). Erthal et al. (2010), também não encontraram variação no teor de matéria orgânica do solo usando EETE na irrigação, associando esse comportamento aos baixos teores de carbono orgânico total no efluente. No entanto, neste trabalho, houve aumento da MO, em todos os tratamentos, ao longo dos anos estudados. Este aumento, principalmente no E0 (irrigado com água), pode ser devido a decomposição da biomassa da *Brachiaria*. (FIGUEIREDO et al., 2013). Gharaibeh et al., (2016), estudando o efeito de águas residuais tratadas, na concentração de matéria orgânica do solo, concluíram que o teor de MO, foi menor no início do experimento, isto é, em 0 anos (2,77%), e foi aumentando ao longo dos anos, 2 anos (4,37%) e 5 anos (7,19%). Outros trabalhos também relatam diferença na concentração da MO ao longo dos anos (GALAVI et al., 2010).

Houve aumento da concentração de nitrogênio total nos tratamentos E3 e E5, na camada 0-10 cm do solo e decréscimo com a profundidade (Figura 1). O mesmo foi encontrado por Santos (2015), ao analisar  $N_{total}$  em março e dezembro de 2014, na mesma área experimental, havendo aumento na concentração deste elemento nos tratamentos E3 (0,11 – 0,15%) e E5 (0,11 – 0,17%).



**Figura 1.** pH e macronutrientes no perfil do solo, de acordo com a camada de solo e tratamentos de fertirrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (E0=0% irrigado com efluente; E1=11%; E3=60% e E5=100%), em fevereiro de 2017.

As concentrações de ferro e manganês aumentaram nos tratamentos E3 e E5, na camada superficial (0-10 cm). Na camada 10-20 cm houve aumento nos tratamentos E1 e E5. As concentrações desses elementos no efluente são aceitáveis, não trazendo risco de contaminação para o solo. O Co foi o elemento que apresentou maior heterogeneidade entre os tratamentos (Figura 2). A variação na concentração de nutrientes no solo ao longo da fase fenológica da cultura dar-se pela absorção desses elementos pela planta, não ocorrendo de forma constante (PRADO, 2008).



**Figura 2.** Concentrações de manganês (Mn), ferro (Fe) e Cobalto (Co) no perfil do solo (0-10 a 10-20 cm) em função dos tratamentos (E0=0% de efluente; E1=11%; E3=60% e E5=100%), em 2017.

## CONCLUSÃO

O EETE de Jaboticabal, utilizado na irrigação de *Brachiaria*, apresenta elevadas concentrações de macro e micronutrientes durante o período estudado. Dessa forma, a fertirrigação com EETE melhorou a fertilidade do solo pelo aumento das concentrações desses elementos no solo.

## REFERÊNCIAS

- ABEGUNRIN T.P. Impact of wastewater irrigation on soil physico-chemical properties, growth and water use pattern of two indigenous vegetables in southwest Nigeria. **Catena**. v. 139, p. 167–178, 2016.
- ALVARES C.A.; STAPE J.L.; SENTELHAS P.C.; GONÇALVES J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AYERS R. S.; WESTCOOT D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 218p,1991.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N.430**. 2011.
- BURBARELLI R. C.; PIRES M. S. G.; COURACCI FILHO B.; SIVIERO A. R.; GUIMARÃES J. R. Avaliação microbiológica do solo em área irrigada com efluente de lagoa de estabilização. Artigo técnico. **Revista DAE especial**. Edição comemorativa. p 65-68, 2010.
- EATON AD et al. (Edts). **Standard methods for the examination of water & wastewater**. 21<sup>st</sup>. ed. USA: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), 2005.

- 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. **Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.5, p.467-477, 2010.
- FEIGIN A.; RAVINA I.; SHALHEVET J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlin. Springer-Verlag. 224p, 1991.
- FIGUEIREDO C.C.; RESCK D.V.; CARNEIRO M.A.; RAMOS M.L. G.; SÁ J.C. M. Stratification ratio of organic matter pools influenced by management systems in a weathered Oxisol from a tropical agro-ecoregion in Brazil. **Soil Research**. v. 51, p. 133-141, 2013.
- 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. **Sciencia Agrícola**. v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007a.
- FONSECA A. F.; MELFI A. J.; MONTEIRO F.; MONTES C. R.; ALMEIDA V. V.; HERPIN U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85. bermudagrass. **Agricultural Water Management**. v. 87, p. 328-336, 2007b.
- GALAVI M. A.; RAMROODI J. M.; MOUSAVI S.; GALAVI H. Effects of treated municipal wastewater on soil chemical properties and heavy metal uptake by sorghum (*Sorghum bicolor* L.) **J. Agric. Sci**. v. 2, n. 3, p. 235-241, 2010.
- GHARAIBEH M. A.; GHEZZEHEI T. A.; ALBALASMEH A. A.; ALGHZAWI M. Z. Alteration of physical and chemical characteristics of clayey soils by irrigation with treated waste water. **Geoderma**. v. 276, p. 33-40, 2016.
- GHARAIBEH M. A.; GHEZZEHEI T. A.; ALBALASMEH A. A.; ALGHZAWI M. Z. Alteration of physical and chemical characteristics of clayey soils by irrigation with treated waste water. **Geoderma**. v. 276, p. 33-40, 2016.
- GLOAGUEN T. V. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluente. **Agricultural Water Management**. v. 88, p. 119-131, 2007.
- KIZILOGLU F.M.; TURAN .M.; SAHIN U.; ANGIN, I.; ANAPALI O.; OKUROGLU M. Effects of wastewater irrigation on soil and cabbage-plant (*Brassica oleracea*-var. capitata cv. yalova-1) chemical properties. **J. Plant Nutr. Soil Sci**. v. 170, p. 166-172, 2007.
- LEAL R. M. P. **Efeitos da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 110p. 2007.
- LEAL R.M.P.; FIRME L.P.; MONTES C.R.; MELFI A.J.; PIEDADE S.M.S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agrícola**. v. 66, n. 2, p. 242-249, 2009.
- MOJIRI A. Effects of Municipal Wastewater on Physical and Chemical Properties of Saline Soil, **Journal of Biological & Environmental Sciences**, Bursa. v. 5, n. 14, p. 71-76, 2011.
- MOJIRI A. Effects of Municipal Wastewater on Physical and Chemical Properties of Saline Soil, **Journal of Biological & Environmental Sciences**, Bursa. v. 5, n. 14, p. 71-76, 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.
- PRADO R. M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal (SP): Funep, 500p. 2008.

- RICHARDS L.A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory,. 160p. (Agriculture Handbook, 60). 1954.
- SANTOS G. O. Aplicação de efluente de tratamento de esgoto, via aspersão, no solo e em *Brachiaria*. **Tese doutorado**, 197 p. Jaboticabal (SP). 2015.
- SANTOS H. G.; JACOMINE P. K. T.; ANJOS L. H. C.; OLIVEIRA V. A.; OLIVEIRA J. B.; COELHO M. R.; LUMBRERAS J. F.; CUNHA T. J. F.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa. 353p. 2013.
- SANTOS, G. O.; FARIA, R. T.; RODRIGUÊS, G. A.; DANTAS, G. F.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. **Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer.** Maringá, v. 39, n. 4, p. 515-523, Oct.-Dec., 2017.
- SILVA F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2º Edição **revista e ampliada.** – Brasília, DF. Embrapa Informação tecnológica. 2009.
- SILVA J. B. G.; MARTINEZ M. A.; PIRES C. S.; ANDRADE I. P. S.; SILVA G. T. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga.** p. 250-263, 2012.
- SILVA JÚNIOR W. R. **Atributos químicos do solo fertirrigado com efluente de esgoto tratado e fenometria de cultura do pimentão.** Dissertação de mestrado em agronomia. Brasília, 2016.
- SMITH S.R.; GILLER K.E. Effective Rhizobium leguminosarum biovar Trifolii present in five soils contaminated with heavy metals from long-term applications of sewage sludge or metal mine spoil. **Soil Biol. Biochem.** v. 24, n. 8, p. 781–788. 1992.
- 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.