

## RISCO DE SALINIZAÇÃO E SODIFICAÇÃO NA SOLUÇÃO DO SOLO DEVIDO AO REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS NA FERTIRRIGAÇÃO

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>, JOÃO A. FISCHER FILHO<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Ambiental, Mestranda 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, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, [joaofischer16@gmail.com](mailto:joaofischer16@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 das águas residuais na agricultura torna-se uma alternativa cada vez mais promissora. No entanto, a principal questão para o reúso de efluentes de estação de tratamento de esgoto (EETE) na agricultura é o risco para saúde humana e ambiental. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os riscos de salinização e sodificação da solução do solo irrigado com EETE, no cultivo de *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 faixas, com 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. Na solução do solo foram analisados pH, CE, Ca, Mg, Na e calculado a RAS. Durante o período estudado, a aplicação do efluente no cultivo de *Brachiaria* resultou em baixo risco de salinização e sodificação na solução do solo, apesar do aumento da concentração de sódio, da condutividade elétrica e da razão de adsorção de sódio nos tratamentos irrigados com EETE.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise química, meio ambiente, sustentabilidade agrícola.

## RISK OF SALINIZATION AND SODIFICATION IN THE SOLUTION OF THE SOIL DUE TO THE REUSE OF RESIDUAL WATERS IN THE FERTIRRIGATION

**ABSTRACT:** Reusing wastewater in agriculture becomes an increasingly promising alternative. However, the main issue for the reuse of sewage treatment station (EETE) effluents in agriculture is the risk to human and environmental health. The objective of this work was to evaluate the risks of salinization and sodification of soil solution irrigated with different concentrations of EETE, cultivated with *Brachiaria*, in 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 delineated tracks, 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. In the soil solution pH, EC, Ca, Mg, Na and calculated RAS were analyzed. During the studied period, the application of the effluent in *Brachiaria* cultivation resulted in a low risk of salinization and sodification in the soil solution, despite the increase in sodium concentration, electrical conductivity and sodium adsorption ratio in treatments irrigated with EETE.

**KEY WORDS:** Chemical analysis, environment, agricultural sustainability.

**INTRODUÇÃO:** O reúso de águas residuais trás diversas vantagens para a agricultura e ao meio ambiente, porém torna-se necessário o planejamento e o monitoramento de sua aplicação para que não ocorra contaminação do solo por sais, metais pesados, patógenos e outras substâncias que podem causar danos ao ecossistema (NORTON-BRANDÃO et al., 2013).

Na fertirrigação, a principal preocupação é a quantidade de sais presente, pois altas concentrações de sais resultam em impactos negativos para o solo, plantas e lixiviação para o lençol freático e águas subterrâneas (AYERS; WESTCOT, 1991). Os problemas principais estão relacionados à salinização, que pode reduzir a disponibilidade de água para as culturas. Altos teores de sódio (Na) e baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentam a razão de adsorção de sódio e podem afetar a infiltração de água; além de excesso de cloretos e boro (B) e outros problemas que podem afetar o rendimento da cultura pelo desbalanço nutricional no solo (ALMEIDA, 2011). A quantificação de íons presente no solo determinado pela condutividade elétrica possibilita uma rápida análise e identificação de salinização do solo (MOTA et al., 2006). O acúmulo de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e o aumento da percentagem de sódio tocável (sodicidade) estão relacionados com condições inadequadas de drenagem, em regiões áridas e semi-áridas, onde ocorre baixa precipitação pluvial, presença de camadas impermeáveis e elevada evapotranspiração (MELO & ALLEONI, 2009). Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os riscos de salinização e sodificação da solução do solo irrigado com EETE, no cultivo de *Brachiaria*, em área experimental, em Jaboticabal, SP.

**MATERIAL E MÉTODOS:** 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 (SANTOS et al., 2013). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é classificado como subtropical úmido, Cwa (ALVARES et al., 2013). 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.

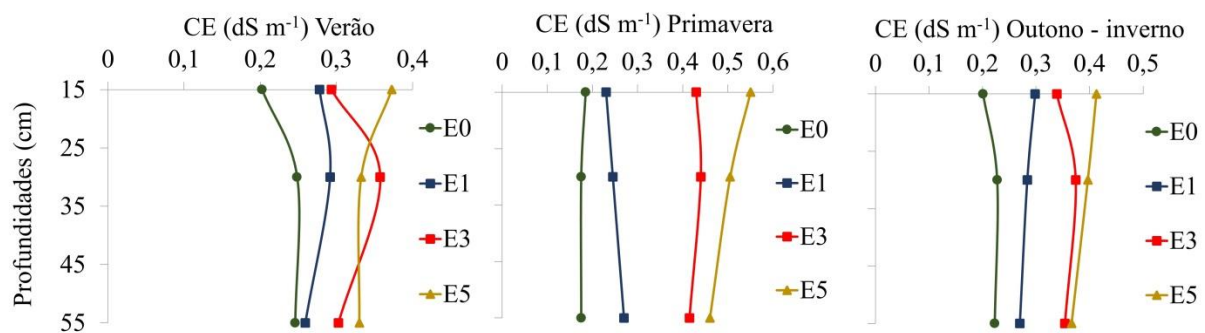
Os tratamentos foram estabelecidos pela aplicação da fertirrigação por um sistema de aspersão em linha, com três linhas laterais paralelas de aspersores no espaçamento de 12 m, com os aspersores espaçados de 6 m, com a linha central aplicando EETE e as linhas externas aplicando água. A área total foi 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.

A cada dois meses, de janeiro de 2015 à fevereiro de 2017, foram coletadas 12 amostras de solução do solo para determinação do pH e da condutividade elétrica nos tratamentos E5, E3, E1 e E0, nas profundidades 15, 30 e 55 cm. As amostras de solução do solo foram obtidas por meio de extratores de solução constituídos de tubos de PVC contendo cápsulas de cerâmica porosa inseridos no solo à profundidades de 15, 30 e 55 cm, acoplados em uma bomba de vácuo. Um dia antes da amostragem, as cápsulas de cerâmica foram

submetidas a vácuo de 80 kPa, realizado com auxílio de uma bomba manual. O pH e a condutividade elétrica da solução do solo foram medidas em campo, com auxílio de um peagâmetro e condutivímetro portáteis. Para determinação de Na, Ca e Mg as amostras foram submetidas à digestão nitro-perclórica e o teor de cada metal foi determinado por espectroscopia de absorção atômica com chama ar-acetileno (APHA, 2005).

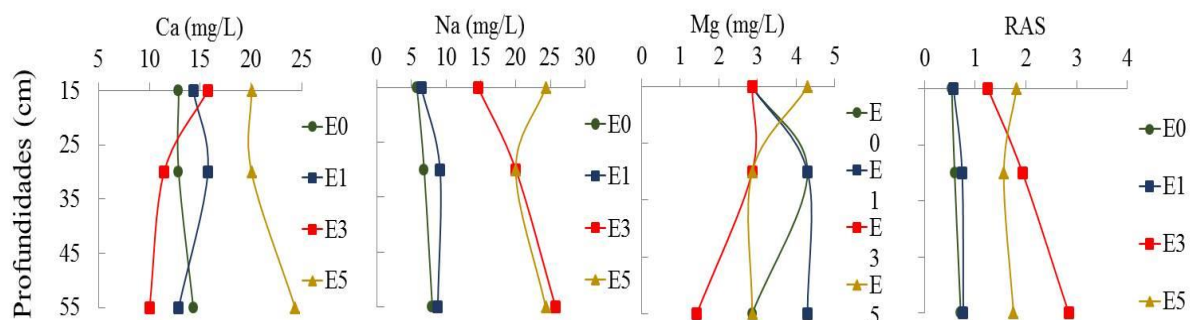
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condutividade elétrica apresentou valores mais elevados nos tratamentos E5 e E3, respectivamente, em todas as estações do ano. O tratamento que não foi irrigado com efluente (E0) foi o de menor resultado, indicando que a aplicação do EETE interferiu na CE. No entanto, esses valores estão dentro do limite estabelecido por Richards (1954), com valor  $< 4 \text{ dS m}^{-1}$ , não apresentando risco de salinidade do solo. O mesmo ocorreu nos anos de 2013 e 2014 (SANTOS, 2015), nos quais a CE foi maior nos tratamentos irrigados com EETE. Também foi possível observar que a condutividade elétrica da solução do solo foi menor no período chuvoso em relação ao período seco. No verão, os valores foram menores comparados ao outono-inverno e primavera (Figura 1). Tal comportamento pode estar associado à solubilização dos sais presentes nas camadas superiores do solo e posterior lixiviação destes para as suas camadas inferiores (SILVA et al., 2012).



**Figura 1.** Média da Condutividade elétrica na solução do solo, nos anos de 2015 a 2017, de acordo com os tratamentos (E0=0 do efluente; E1=11%; E3=60% e E5=100%) e profundidades (15, 30 e 55 cm).

As concentrações de cálcio e sódio na solução do solo tiveram comportamento semelhante em relação aos tratamentos, apresentando valores maiores na parcela E5 (Figura 2). As concentrações de Ca resultantes das análises realizadas em 2013 e 2014 não variaram entre os tratamentos (SANTOS, 2015). Porém, Maggi et al., (2011), encontraram diferenças na concentração de Ca em função da aplicação de taxas de EETE. Esse comportamento pode ser explicado pela presença desses elementos químicos nas águas residuais, alterando as concentrações de Ca e Na no solo. Santos (2015), também observou que a irrigação com EETE aumentou os teores de sódio na solução do solo, principalmente nas camadas 0-10 cm. O magnésio obteve valores heterogêneos em todos os tratamentos, apresentando maiores teores na camada 0-10 cm. Nos tratamentos E3 e E5 foram observados os maiores valores para a RAS. No entanto, os resultados obtidos em todos os tratamentos apresentaram risco de sodificação considerado baixo (RICHARDS, 1954) (Figura 2). Os resultados obtidos por Santos (2015) foram semelhantes aos obtidos neste estudo, uma vez que os valores da RAS foram maiores nos tratamentos irrigados com efluente e nas camadas superficiais.



**Figura 2.** Concentrações de Ca, Mg, Na e RAS na solução do solo, em função dos tratamentos (E0=0 de efluente; E1=11%; E3=60% e E5=100%) e das profundidades (15, 30 e 55 cm).

## CONCLUSÃO

A aplicação de EETE no cultivo de *Brachiaria* ocasiona baixo risco de salinização e sodificação da solução do solo, apesar do aumento da concentração de sódio, da condutividade elétrica e da razão de adsorção de sódio nos tratamentos irrigados com EETE.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA R. G. Aspectos legais para a água de reuso. *Vértices*, v.13, n.2, p.31-43, 2011.
- 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.
- 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.
- MAGGI C. F.; FREITAS, P. S. L. DE; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.2, p.170-177, 2011.
- MELO V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. Parte I. v. 1. Conceitos básicos. Viçosa, MG: SBCS, 2009.
- NORTON-BRANDÃO D.; SCHERRENBERG S.M.; LIER J.B. Reclamation of used urban waters for irrigation purposes – a review of treatment Technologies. **J. Environ. Manage**. v. 122, p. 85-98, 2013.
- RAIJ B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba. Potafos. 343 p. 1991.
- 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 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.