



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

BASES E ACIDEZ DO SOLO APÓS IRRIGAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM EFLUENTE DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Magnus Dall'Igna Deon⁽¹⁾; Tamara Maria Gomes⁽²⁾; Adolpho José Melfi⁽³⁾; Célia Regina Montes⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural - C.P. 23, Petrolina, PE - CEP 56302-970, magnus.deon@cpatsa.embrapa.br; ⁽²⁾ Pós-Doutoranda; NUPEGEL; ESALQ; USP; Av. Pádua Dias, 11, C.P. 9, Piracicaba, SP; ⁽³⁾ Professor titular; Departamento de Ciência do Solo; ESALQ; USP; C.P. 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP; ⁽⁴⁾ Professora Doutora; CENA; USP; CP 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP

Resumo – A utilização de efluentes de tratamento de esgoto na irrigação de culturas é opção ambiental e economicamente interessante. Entretanto, esta prática ainda é incipiente no Brasil e faltam informações a respeito de suas implicações. Este trabalho objetivou quantificar as alterações dos teores de bases trocáveis e da acidez do solo após a irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto na cana-de-açúcar. A cultura recebeu quantidades de efluente entre 0 e 200% da ETc e, após um ano, o solo foi amostrado até a profundidade de 1 m e analisado quimicamente. A irrigação com efluente não afetou significativamente os teores de Al, Ca, Mg, Na e o valor da soma de bases no primeiro ano. Já o teor de K e o valor de V foram afetados negativamente pela irrigação com efluente no primeiro ano enquanto H+Al sofreu incremento.

Palavras-Chave: *Saccharum spp.*, reuso de água, gotejamento, água residuária

INTRODUÇÃO

A irrigação de culturas é um dos métodos mais recomendados para a destinação de águas residuárias (Fonseca et al., 2007). É um método viável, pois evita lançamentos diretos nos corpos d'água e garante a produtividade da cultura, por causa do fornecimento de água e nutrientes (Deon et al. 2010).

Estas águas geralmente apresentam composição característica de cada tipo particular de resíduo, nem sempre sendo a mais adequada à produção e nutrição das culturas agrícolas (Fonseca et al., 2007). Isso pode acarretar desbalanço de nutrientes no sistema solo-planta e efeitos negativos associados à sodificação, salinização e toxicidade de certos elementos.

De acordo com a revisão de Fonseca et al. (2007), os teores trocáveis no solo de Ca, Mg e K não são objeto de alterações consistentes com a prática da irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE). No trabalho de Leal et al. (2009), o pH do solo não foi alterado pelo uso de EETE na irrigação de cana-de-açúcar. A alta concentração de Na presente em alguns efluentes, pode favorecer a dessorção e a lixiviação de outros cátions, particularmente o K (Leal et al., 2009), o que demandaria o ajuste da fertilização da cultura para evitarem-se deficiências desse nutriente (Karlen et al., 1976).

O objetivo deste trabalho foi quantificar as alterações dos teores de bases trocáveis e da acidez do solo associadas a um ano de irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área canavieira ao lado da estação de tratamento de esgoto por lagoas de estabilização operada pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) em Piracicaba, SP. O solo é um Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico típico e a variedade plantada foi a SP 90-3414. Os resultados da análise de solo prévia indicaram pH em H₂O de 6,14; 24 g dm⁻³ de MO; 8,6 mg dm⁻³ de P-Mehlich-1; 1,86 mmolc dm⁻³ de K; 32,19 mmolc dm⁻³ de Ca; 18,44 mmolc dm⁻³ de Mg; 0,36 mmolc dm⁻³ de Na; 21 mmolc dm⁻³ de H+Al; 66,92 mmolc dm⁻³ de SB; 101,09 mmolc dm⁻³ de CTC; e 71% de V. A adubação foi realizada conforme a recomendação de RAIJ et al. (1996), mas com aplicação da metade da dose recomendada de nitrogênio (N). A primeira soca foi adubada com 60 kg de N, 30 kg de P₂O₅ e 120 kg de K₂O por hectare, incorporados ao lado das linhas de plantio.

O período de avaliação correspondeu ao ciclo da 1ª soca. Para a irrigação com o efluente proveniente da estação de tratamento de esgoto, o canal foi dividido em 32 parcelas com seis linhas de plantio espaçadas 1,4 m, com irrigação em cinco delas. Foram consideradas bordaduras a linha de plantio do lado da maior cota do terreno, duas linhas do lado oposto, sendo a última dela não irrigada, e ainda os 5 metros iniciais e finais das linhas na parcela, restando a área útil de 84 m².

A irrigação por gotejamento foi realizada três vezes por semana, com a evapotranspiração da cultura (ETc) calculada a partir da evaporação do tanque Classe A e coeficientes de cultura (Kc) de Doorenbos & Pruitt (1977). Os tratamentos consistiram de irrigação com diferentes lâminas do EETE: (1) sem irrigação; (2) irrigação com EETE, 25% da ETc; (3) 50% da ETc; (4) 75% da ETc; (5) 100% da ETc; (6) 125% da ETc; (7) 150% da ETc e (8) 200% da ETc. O efluente utilizado na irrigação apresenta 28,9; 2,5; 25,7; 14,1; 5,0; 36,8 e 66,9 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S e Na, respectivamente, pH 7,4 e condutividade elétrica 0,82 dS m⁻¹ (Gomes et al., 2009).

As amostras de solo foram coletadas no início do experimento e após um ano de aplicação dos tratamentos, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

80-100 cm para análise química. No solo foram determinados os teores de Ca, Mg, K, Na, pH, H+Al e Al e calculados SB e V, conforme Embrapa (1999).

Para interpretação de suas alterações, os resultados das análises do solo após um ano foram subtraídos dos valores obtidos antes do experimento e, com as diferenças, foi realizada análise por superfícies de resposta, utilizando o *proc rsreg* do SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH do solo teve alteração significativa apenas em relação à profundidade e ao componente quadrático da irrigação, mas não à interação destes fatores (Tabela 1). O ajuste quadrático em relação à profundidade foi influenciado pela redução de menos de meia unidade no pH da camada superficial, entre 0 e 20 cm. Abaixo desta profundidade, o pH manteve-se estável. Pereira (2009) observou acidificação da camada superficial do solo após 11 anos de irrigação com EETE. Os resultados aqui apresentados ainda não permitem associar alterações no pH do solo com a aplicação do EETE.

Alteração mais nítida foi observada na acidez potencial (H+Al), que foi significativamente ajustada aos fatores estudados, com exceção do efeito quadrático da irrigação. Na representação gráfica deste ajuste (Figura 1) pode ser notada a influência dos tratamentos com maior lâmina de irrigação com EETE no aumento da acidez potencial na camada superficial. Já foi observado este efeito em outros trabalhos com EETE (Pereira, 2009), que está relacionado à adição de grandes quantidades de N amoniacal e o processo de nitrificação no solo, que libera H⁺ (BOLAN; HEDLEY; WHITE, 1991). O mesmo processo explica o efeito sobre a saturação por bases (V) representada na Figura 2, embora a estatística para interação entre os fatores não tenha sido significativa a 5%.

O K foi significativamente alterado pela irrigação com EETE (Tabela 2). Na representação gráfica do modelo estatístico, é possível observar que na profundidade intermediária estudada a alteração foi nula, limitando-se à camada superficial do solo (Figura 3). Neste caso, houve aumento do K, mas este aumento foi menor nas áreas irrigadas que na não irrigada. Além do EETE, o K é adicionado ao solo pelas adubações, e a remoção pela cultura foi maior nas parcelas irrigadas, além de que outros elementos adicionados pelo EETE deslocam o K do complexo de troca do solo, favorecendo sua lixiviação, principalmente nas lâminas de irrigação maiores que a necessidade da cultura. Estes resultados concordam com os observados por Pereira (2009), que observou uma redução do K trocável na superfície do solo proporcional a irrigação com EETE.

Não foi observada alteração significativa do Ca no período estudado. Já o Mg do solo não foi alterado

significativamente pela irrigação, mas foi associado um efeito à profundidade (Tabela 2).

Com o uso continuado de EETE, o sódio pode atingir teores elevados no solo, requerendo cuidados especiais para seu manejo (Leal et al., 2009). No prazo deste experimento foi observado apenas pequeno incremento de Na em profundidade, não sendo possível isolar efeito exclusivo ou combinado da irrigação (Tabela 2). O comportamento observado pode ser explicado pela boa quantidade de Ca e Mg no solo, que são retidos mais fortemente que o Na, e o tornam este mais sujeito à lixiviação tanto pelas chuvas quanto pela lâmina de irrigação excessiva. No entanto, o Na deve ser motivo de monitoramento, principalmente em solos mais pobres em Ca e Mg, onde pode vir a dominar o complexo de troca do solo (Fonseca et al., 2007). Pereira (2009) observou mais de 4 mmol_c kg⁻¹ de Na no solo após 11 anos de irrigação com EETE.

CONCLUSÕES

1. A irrigação com efluente afetou negativamente o teor de K e a saturação por bases (V) e afetou positivamente a acidez potencial (H+Al) do solo no primeiro ano.

2. A irrigação com efluente não afetou significativamente os teores de Al, Ca, Mg e Na e a soma de bases (SB) do solo no primeiro ano.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo COSAN e ao SEMAE pela participação e colaboração na pesquisa; à CAPES pela bolsa de estudos concedida e à FAPESP pelo apoio financeiro (04/14315-4).

REFERÊNCIAS

- BOLAN, N.S.; HEDLEY, M.J.; WHITE, R.E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. *Plant Soil*, 134:53-63, 1991.
- DEON, M.D.; GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana de açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 45:1149-1156, 2010.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1999. 370 p.
- FONSECA, A.F.; HERPIN, U.; PAULA, A.M. de; VICTÓRIA, R.; MELFI, A.J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. *Sci. Agr.*, 64:194-209, 2007.
- GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E.; SUNDEFELD JUNIOR, G.C.; DEON, M.D.; PIVELLI, R.P. Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. *R. DAE*, 180:17-23, 2009.
- KARLEN, D.L.; VITOSH, M.L.; KUNZE, R.J. Irrigation of Corn with Simulated Municipal Sewage Effluent. *J. Environ. Qual.*, 5:269-273, 1976.



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

LEAL, R ; HERPIN, U ; FONSECA, A ; FIRME, L ;
MONTES, C. R. ; MELFI, A. Sodcity and salinity in a
Brazilian Oxisol cultivated with sugarcane irrigated
with wastewater. *Agr. Water Manag.*, 96:307-316,
2009.

PEREIRA, B.F.F. Alterações químicas no sistema solo-planta
irrigado com efluente de esgoto tratado no cultivo dos citros.
Piracicaba, ESALQ, 2009. 163p. (Tese de Doutorado)

Tabela 1. Superfície de resposta para a diferença do pH, alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), e saturação por bases (V) no solo no início do experimento e um ano após a aplicação da irrigação, em função da intensidade de irrigação e da profundidade do solo

Componente do modelo	Parâmetro			
	pH	Al	H+Al	V
Intercepto	-0,409**	0,220554*	-4,2963**	4,6881**
Irrigação	-0,002311 ^{ns}	0,000477 ^{ns}	0,04650**	-0,06575**
Profundidade	0,020028**	0,002124 ^{ns}	-0,076344**	0,25028**
Irrigação ²	0,00001299*	-0,000005227 ^{ns}	-0,000040384 ^{ns}	-0,000212*
Profundidade ²	-0,000171**	-0,000054262 ^{ns}	0,000897**	-0,002176**
Interação	-0,000007616 ^{ns}	0,000004734 ^{ns}	-0,000157*	0,000019477 ^{ns}
R ²	0,25	0,06	0,51	0,21

Tabela 2. Superfície de resposta para a diferença dos teores trocáveis de cátions no solo no início do experimento e um ano após a aplicação da irrigação, em função da intensidade de irrigação e da profundidade do solo

Componente do modelo	Elemento				
	K	Ca	Mg	Na	SB
Intercepto	2,76025**	2,022513 ^{ns}	-3,01267**	-0,100763 ^{ns}	1,768471 ^{ns}
Irrigação	-0,007879**	0,048603 ^{ns}	0,006675 ^{ns}	-0,002268 ^{ns}	0,045142 ^{ns}
Profundidade	-0,075314**	0,035412 ^{ns}	0,219127**	0,015799**	0,195016*
Irrigação ²	0,000014 ^{ns}	-0,00009 ^{ns}	0,0000616 ^{ns}	0,0000083 ^{ns}	-6x10 ⁻⁶ ^{ns}
Profundidade ²	0,000501**	-0,000481 ^{ns}	-0,00196**	-0,00007 ^{ns}	-0,002011*
Interação	0,00007167**	-0,000365 ^{ns}	-0,000161 ^{ns}	-0,0000217 ^{ns}	-0,000475 ^{ns}
R ²	0,72	0,06	0,27	0,32	0,08

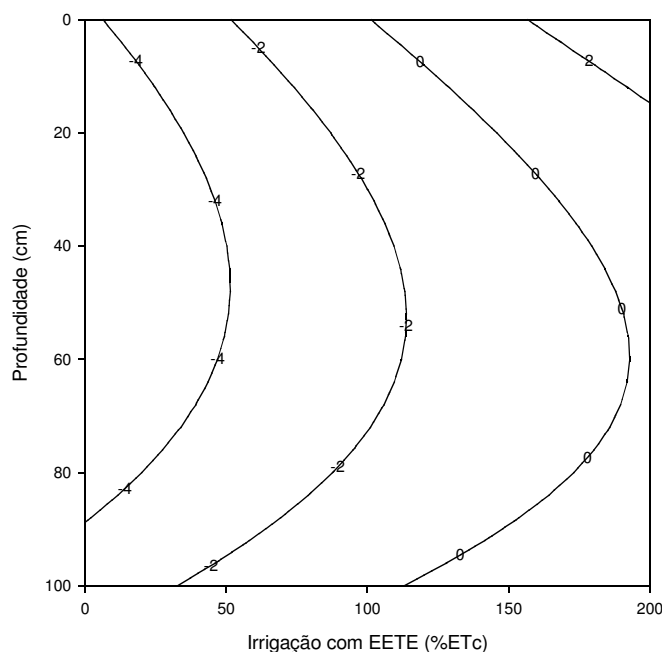


Figura 1. Alteração da acidez potencial (H+Al) do solo após um ano de irrigação com EETE ($mmol_c kg^{-1}$)



XXXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

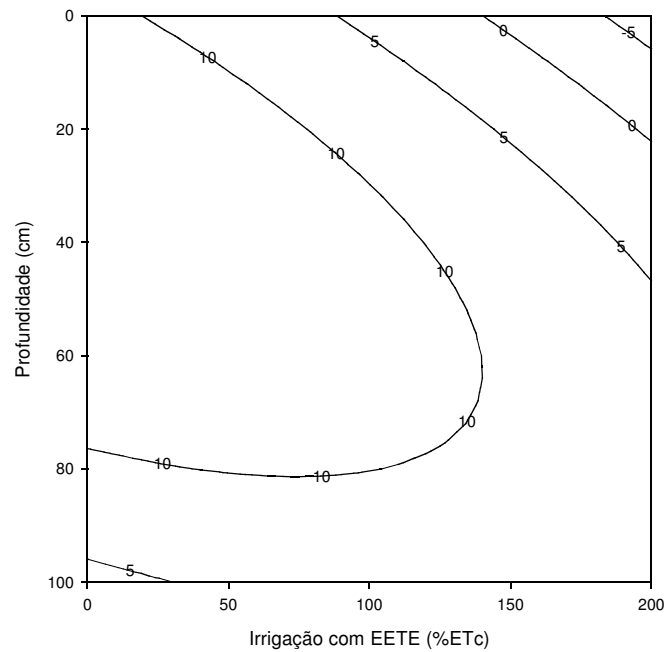


Figura 2. Alteração da saturação por bases (V) do solo após um ano de irrigação com EETE (%)

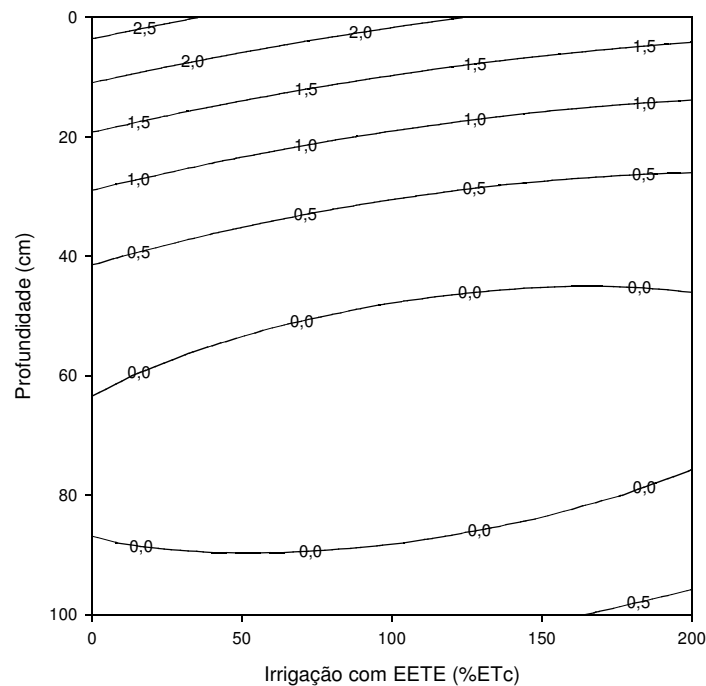


Figura 3. Alteração do K do solo após um ano de irrigação com EETE ($\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$)