



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Brasil

de O. Garcia, Giovanni; Rigo, Michelle M.; Cecílio, Roberto A.; dos Reis, Edvaldo F.; Bauer, Maristela  
de O.; Rangel, Otacílio J. P.

Propriedades químicas de um solo cultivado com duas forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico  
tratado

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, 2012, pp. 737-742

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119025455005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, suplemento, p.737-742, 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7isa1906

Protocolo 1906 - 27/10/2011 • Aprovado em 09/07/2012

Giovanni de O. Garcia<sup>1,5</sup>

Michelle M. Rigo<sup>2,6</sup>

Roberto A. Cecílio<sup>3,5</sup>

Edvaldo F. dos Reis<sup>1,5</sup>

Maristela de O. Bauer<sup>1</sup>

Otacílio J. P. Rangel<sup>4</sup>

1. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Agropecuário, Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, s/n, Centro, CEP 29500-000, Alegre-ES, Brasil. Caixa Postal 16. Fone: (28) 3552-8629. E-mail: giovanni.garcia@ufes.br; edvaldo.reis@ufes.br; maristela.bauer@ufes.br

2. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Laboratório de Tecnologia Ambiental, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, CEP 20550-900, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. Fone: (21) 2334-0563 Ramal 213. E-mail: michelle.rigo@gmail.com

3. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Av. Gov. Lindemberg, s/n, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro-ES, Brasil. Fone: (28) 3558-2520. E-mail: roberto.cecilio@ufes.br

4. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, Rodovia BR 482, Sentido Alegre x Cachoeiro do Itapemirim, km 11, Distrito de Rive, CEP 29520-000, Alegre-ES, Brasil. Caixa Postal 47. Fone: (28) 3552-8131 Ramal 236. E-mail: ojprangel@ifes.edu.br

5. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

6. Bolsista de Doutorado da CAPES

# Propriedades químicas de um solo cultivado com duas forrageiras fertirrigadas com esgoto doméstico tratado

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar as alterações químicas de um solo cultivado com as forrageiras Tifton 85 (*Cynodon spp*) e Capim Marandu (*Brachiaria brizantha*), fertirrigadas com esgoto doméstico tratado, foi montado um experimento em parcelas subdivididas, no esquema fatorial 2x5, com cinco repetições. Os fatores nas parcelas correspondem a duas forrageiras (Tifton 85 e Capim Marandu) e nas subparcelas cinco tratamentos, sendo um fertilizado com adubação mineral, ao qual foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e quatro fertirrigados com esgoto doméstico tratado nas dosagens de 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Três cortes foram feitos no material vegetal das forrageiras, sempre aos 30 dias após do término da aplicação dos tratamentos e após cada corte os tratamentos foram novamente aplicados. Ao final do terceiro corte foi realizada uma coleta de amostras do solo de cada unidade experimental a qual foi encaminhada ao laboratório para determinação dos teores dos atributos químicos, em que os resultados obtidos mostraram que, em curtos períodos, a aplicação do esgoto doméstico tratado em relação à adubação mineral em sistemas de produção de forragens com Tifton 85 e Capim Marandu, apenas aumentou os teores de potássio, sódio, razão de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável.

**Palavras-chave:** efluente, fertirrigação, reúso de água

## Chemical properties of a soil cultivated with two forage crops fertigated with treated domestic sewage

## ABSTRACT

In order to evaluate the chemical changes in soil cultivated with forage crops Tifton 85 (*Cynodon spp*) and Marandu grass (*Brachiaria brizantha*), fertigated with treated domestic sewage, an experiment was conducted in a split plot, in 2x5 factorial design with five replications. The factors consisted of two forage (grass and Tifton 85 Marandu) crops in plots and five treatments in the subplots, one fertilized with mineral fertilizers with application of 40 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen and four fertigated with treated domestic sewage with doses of 20, 40, 60 and 80 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen. There have been three cuttings of forage plant material always at 30 days after the completion of the application of treatments. After each harvest treatments were applied again. At the end of the third cutting soil samples were collected from each experimental unit to determine the levels of the chemical attributes. The results showed that in short periods, the application of treated domestic sewage in relation to mineral fertilization in forage crop production systems with Tifton 85 and Marandu grass only increased potassium, sodium, sodium adsorption ratio and exchangeable sodium percentage.

**Key words:** wastewater, fertigation, water reuse

## INTRODUÇÃO

A escassez hídrica natural em certas regiões e aquela agravada pela poluição dos corpos hídricos, reduz em a quantidade e a qualidade deste recurso. Assim e se considerando a destinação de fontes de água não poluída para o consumo humano, conclui-se que nos últimos anos o avanço do conhecimento técnico-científico em relação ao potencial de reúso da água contribuiu para o aumento do interesse do uso de efluentes em cultivos agrícolas (Villela Júnior et al., 2003).

O crescente volume de efluentes domésticos lançados sem tratamento nos corpos hídricos, decorrente do aumento da população urbana juntamente com a busca por água de fácil disponibilidade para atender a esses usuários, proporciona condições de concorrência por este recurso cada vez mais limitado em sua qualidade (Costa et al., 2002).

Na busca de novas tecnologias para melhoria do sistema produtivo com pastagens, a fertirrigação com o uso de efluentes tem sido estudada. No Brasil, trabalhos de reutilização de efluentes em sistemas de cultivo com gramíneas forrageiras obtiveram resultados satisfatórios em relação ao aumento da qualidade e rendimento da forragem (Erthal et al., 2010).

O Brasil possui mais de 200 milhões de hectares com pastos e grande parte é constituída por pastagens naturais. Normalmente, as forrageiras não recebem nenhum tipo de adubação e, com o decorrer dos anos, acabam perdendo seu potencial de desenvolvimento, reduzindo sua qualidade e produtividade (Benett et al., 2008). Outro aspecto é a propensão do solo aos efeitos erosivos pois a baixa cobertura vegetal expõe áreas de compactação diminuindo a capacidade de infiltração da água no solo (Zimmer et al. 2002).

Desta maneira, a utilização de efluentes em pastagem via fertirrigação permitirá o aproveitamento dos nutrientes contidos no próprio efluente, favorecendo o desenvolvimento e o aumento da produção de forragens (Santos et al., 2006a) e, com isto, redução do uso de adubação mineral. Por outro lado, os efeitos nocivos da aplicação de efluentes nas propriedades químicas do solo só são pronunciados após longos períodos de utilização.

Jnad et al. (2001) observaram aumento significativo no teor de sódio e fósforo no solo, decorrente da aplicação de esgoto doméstico tratado por meio de um sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial em áreas cultivadas com gramíneas porém os autores não observaram aumentos significativos nas concentrações de N-total,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ , COT (carbono orgânico total) e CE (condutividade elétrica do estrato da pasta saturada do solo).

Medeiros et. al, (2005) observaram que a aplicação de água residuária de origem doméstica após 270 dias em um Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico aumentou o pH, as concentrações de P e S disponível,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  trocáveis, matéria orgânica, N-total e diminuição da acidez potencial e da argila dispersa na água. Da mesma forma, os autores observaram aumento nas concentrações de  $Na^+$  trocável, salinidade do solo, razão de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável.

Com base no exposto objetivou-se, neste trabalho, avaliar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho

Amarelo cultivado com as forrageiras Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e Capim Marandu (*Brachiaria brizantha*) fertirrigadas com esgoto doméstico tratado em quatro doses de aplicação, em condições de casa de vegetação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em vasos de 18 litros, no período de junho a agosto de 2010, dentro de casa de vegetação, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Alegre, ES, com coordenadas geográficas de latitude 20°45' Sul, longitude 41°48' Oeste e altitude de 147 m.

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi coletado no perfil natural de um Latossolo Vermelho Amarelo no qual, após coletado, foi retirada uma amostra e encaminhada ao laboratório para determinação dos atributos químicos (Tabela 1) segundo a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo utilizado no experimento

**Table 1.** Chemical properties of soil used in the experiment

Característica	Valor
pH em água	6,1
Enxofre ( $mg\ dm^{-3}$ )	3,0
Fósforo ( $mg\ dm^{-3}$ )	2,0
Potássio ( $mg\ dm^{-3}$ )	16,0
Sódio ( $mg\ dm^{-3}$ )	15,0
Cálcio ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	0,7
Magnésio ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	4,9
Alumínio ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	0,2
H+Al ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	2,5
Carbono ( $g\ kg^{-1}$ )	1,7
Matéria Orgânica ( $g\ kg^{-1}$ )	2,9
CTC efetiva ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	5,8
CTC total ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	8,2
Soma de Bases ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	5,7
Saturação por Bases (%)	69,4
Saturação por Alumínio (%)	2,6
Índice de Saturação por Sódio (%)	0,8
Ferro ( $mg\ dm^{-3}$ )	220,0
Cobre ( $mg\ dm^{-3}$ )	1,4
Zinco ( $mg\ dm^{-3}$ )	2,5
Manganês ( $mg\ dm^{-3}$ )	15,0
Boro ( $mg\ dm^{-3}$ )	0,1

Após secado ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira com malha de 2 mm, o solo teve sua acidez corrigida mediante a aplicação de calcário dolomítico elevando-se a saturação por bases até 60 %, de acordo com a recomendação proposta por Prezotti et al. (2007) para o estado do Espírito Santo, no cultivo de forragens de elevada exigência nutricional.

O experimento foi montado em parcelas subdivididas, no esquema fatorial 2x5 com cinco repetições. Os fatores nas parcelas corresponderam às forrageiras Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e Capim Marandu (*Brachiaria brizantha*) e nas subparcelas cinco tratamentos, sendo um fertilizado com adubação mineral, em que foram aplicados 40  $kg\ ha^{-1}$  de nitrogênio e quatro fertirrigados com esgoto doméstico tratado nas dosagens de 20, 40, 60 e 80  $kg\ ha^{-1}$  de nitrogênio. Foram realizados três ciclos de produção com os cortes no material vegetal das forrageiras sempre aos 30 dias após o término

da aplicação dos tratamentos sendo que, após cada corte, os tratamentos eram novamente aplicados.

O esgoto doméstico tratado (EDT) utilizado no experimento foi coletado na estação de tratamento de esgoto doméstico do município de Jerônimo Monteiro e, para caracterização química (Tabela 2) uma amostra de 200 mL foi coletada e encaminhada ao laboratório onde foram determinados: condutividade elétrica, pH, teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro e boro, conforme descrito pela Apha (1995).

**Tabela 2.** Caracterização química do esgoto doméstico tratado utilizado durante o experimento

**Table 2.** Chemical characterization of treated domestic wastewater used during the experiment

Característica	Valor
pH	7,62
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,51
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	14,84
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	9,2
Cloretos (mg L <sup>-1</sup> )	3,72
Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	<0,01
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	185,0
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	57,0
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	56,1
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	24,1
Enxofre (mg L <sup>-1</sup> )	0,09
Razão de Adsorção de Sódio (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,70

O EDT foi coletado, transportado em recipientes de 60 litros e armazenado em um reservatório de 500 litros dentro da casa de vegetação. O EDT foi retirado diretamente do reservatório por meio de torneira e sua aplicação nas unidades experimentais foi feita manualmente, com auxílio de uma proveta graduada com volume de um litro.

O plantio das forrageiras ocorreu na primeira quinzena do mês de junho de 2010 quando as mudas de Tifton 85 e Capim Marandu foram transplantadas de forma a promover, em cada unidade experimental, a mesma densidade de plantas; após 15 dias do transplantio realizou-se um corte de uniformização em todas as parcelas.

As forrageiras mantidas nas unidades experimentais foram irrigadas nos primeiros 30 dias após o plantio nos vasos, apenas com água obedecendo a um balanço hídrico no solo baseado em um turno de rega de três dias. O manejo da água nos experimentos foi feito por meio do método da pesagem dos vasos, em que a diferença de peso correspondia ao volume de água e efluente a ser aplicada para elevar o solo à capacidade de campo.

Para o cálculo das doses de EDT o teor de nitrogênio foi tomado como referência para se estabelecer as lâminas necessárias à aplicação das diferentes doses do elemento, conforme descrito no arranjo experimental. Nas unidades experimentais que receberam EDT foi feita uma adubação química complementar, calculada subtraindo-se dos valores de fósforo e potássio da quantidade aportada destes nutrientes advindos das diferentes lâminas de efluente aplicadas em cada tratamento correspondente.

A adubação mineral e a fertirrigação das forrageiras com EDT foram realizadas após 30 dias do transplantio. A aplicação do esgoto doméstico tratado foi feita obedecendo-

se a um turno de rega de três dias, até completar o valor total aplicado em cada tratamento. No tratamento com adubação convencional e após a conclusão dos tratamentos com EDT, a manutenção da umidade do solo foi feita com aplicação de água do abastecimento interno do local.

Após o terceiro ciclo de produção (3º corte) foi retirada uma amostra de solo de cada unidade experimental que foi destorroada, secada e passada em peneira de malha de 2 mm e encaminhada do laboratório em que foram analisadas segundo a metodologia proposta pela Embrapa (2009). Foram determinados o pH e os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, alumínio, sódio, acidez potencial (H+Al<sup>3+</sup>), ferro, cobre, zinco, manganês, boro, carbono e matéria orgânica. De posse dos resultados dos atributos químicos do solo foram calculadas a soma e a saturação por bases, a capacidade de troca de cátions efetiva e total (CTCefetiva e CTCtotal), a porcentagem de sódio trocável (PST) e a razão de adsorção de sódio (RAS).

A análise estatística dos atributos químicos do solo foi feita por meio de análise de variância adotando  $\alpha$  de até 5%, considerando o esquema de parcelas subdivididas com as forrageiras nas parcelas e os tratamentos nas subparcelas. Para comparar a adubação mineral com os tratamentos fertirrigados com esgoto doméstico tratado, ao final do terceiro corte, foi feito um contraste entre médias. Por outro lado, o efeito das doses de EDT nas características avaliadas foi feito por meio de teste de Tukey e análise regressão adotando-se 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos químicos do solo cultivados foram influenciados pela interação ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos aplicados e as espécies de forrageiras utilizadas no experimento. Com base no contraste entre médias dos atributos químicos avaliados apresentados na Tabela 3, verifica-se que no solo cultivado com Tifton 85 e Capim Marandu somente os teores de potássio e sódio trocáveis, a PST e a RAS, nos quais ocorreu a aplicação do EDT, foram superiores àquele que recebeu adubação mineral. No entanto se observa na Tabela 3, que não ocorreram diferenças significativas nos atributos químicos do solo entre as forrageiras quando fertirrigadas do EDT e adubação mineral.

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que, em curtos períodos, a aplicação do EDT em relação à adubação mineral em sistemas de produção de forragens com Tifton 85 e Capim Marandu, acarreta pouca variação nos atributos químicos do solo, exceto para os íons de potássio e sódio. Barroso & Wolff (2011) enfocam que a qualidade de solo sob uso de EDT altera principalmente o carbono total, nitrogênio total, a atividade e composição da comunidade microbiana, cálcio e magnésio trocáveis, salinidade, sodicidade, dispersão de argilas e condutividade hidráulica; apesar disto, e segundo os autores, outros atributos não apresentam mudanças significativas em curto nem a médio prazos.

De forma semelhante, no experimento implantado por Medeiros et al. (2005) no cultivo do cafeeiro arábica (variedade Catuai) fertirrigado com EDT, em comparação com o cultivo feito por meio de um manejo convencional com adubação



**Tabela 3.** Contraste entre os atributos químicos obtidos no solo cultivado com Tifton 85 e Capim Marandu em função da adubação mineral e fertirrigação com esgoto doméstico tratado (EDT)

**Table 3.** Contrast between the chemical properties of the soil cultivated with forage grasses Tifton 85 and Marandu depending on mineral fertilizer and drip irrigation with treated domestic sewage (TDS)

Forrageira	Fertirrigação com EDT	Adubação Mineral	Fertirrigação com EDT	Adubação Mineral
	Enxofre (mg dm <sup>-3</sup> )		Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	2,64 a A	2,89 a A	3,71 a A	4,83 a A
Capim Marandú	2,46 a A	2,72 a A	3,73 a A	4,82 a A
	Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )		Sódio (mg dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	49,86 a A	36,20 a B	43,08 a A	29,15 a B
Capim Marandú	39,98 a A	29,80 a B	51,05 a A	28,80 a B
	Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	1,04 a A	1,04 a A	4,74 a A	3,62 a A
Capim Marandú	1,16 a A	0,97 a A	5,33 a A	4,31 a A
	pH		RAS (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	2,22 a A	1,99 a B	0,08 a A	0,04 a B
Capim Marandú	2,14 a A	2,09 a B	0,08 a A	0,04 a B
	Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		pH	
Capim Tifton 85	5,55 a A	5,55 a A	0,06 a A	0,07 a A
Capim Marandú	5,66 a A	5,43 a A	0,06 a A	0,10 a A
	CTC total (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	9,61 a A	9,71 a A	6,70 a A	5,95 a A
Capim Marandú	9,53 a A	9,22 a A	6,57 a A	6,16 a A
	Soma de Bases (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		Saturação por Bases (%)	
Capim Tifton 85	6,10 a	6,88 a	65,63 a	62,84 a
Capim Marandú	6,66 a	6,48 a	67,58 a	69,96 a
	Acidez Potencial (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		Carbono (g dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	3,04 a A	2,82 a A	2,63 a A	2,15 a A
Capim Marandú	3,01 a A	3,20 a A	2,27 a A	2,79 a A
	Matéria Orgânica (g dm <sup>-3</sup> )		Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	4,38 a A	4,85 a A	135,73 a A	132,86 a A
Capim Marandú	4,84 a A	4,21 a A	133,54 a A	136,70 a A
	Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )		Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	1,33 a A	1,36 a A	1,69 a A	1,95 a A
Capim Marandú	1,32 a A	1,29 a A	1,58 a A	1,80 a A
	Manganês (mg dm <sup>-3</sup> )		Boro (mg dm <sup>-3</sup> )	
Capim Tifton 85	34,47 a A	32,94 a A	0,12 a A	0,12 a A
Capim Marandú	34,96 a A	32,42 a A	0,11 a A	0,10 a A

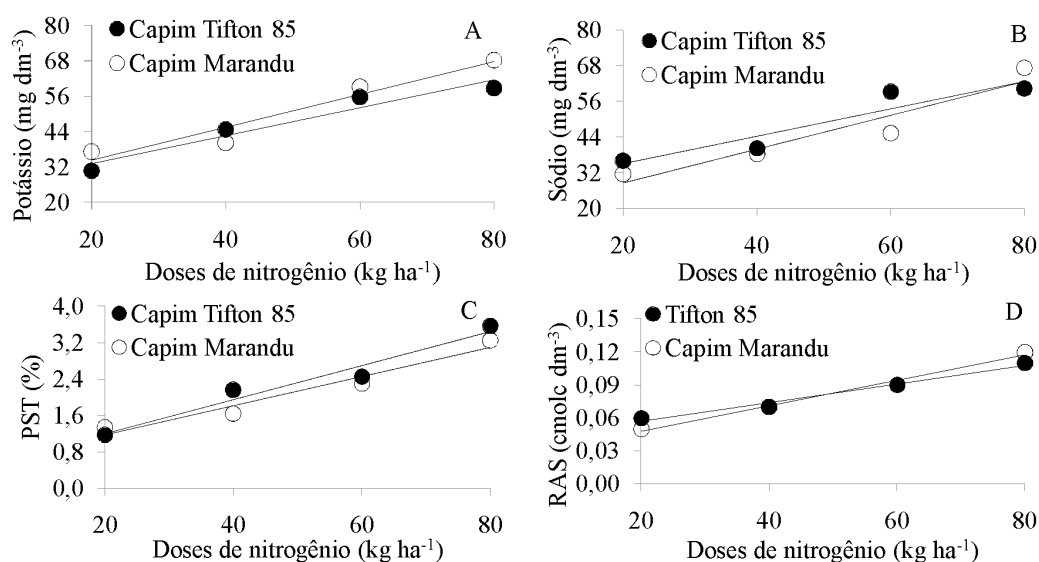
As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

mineral, foram observados incrementos nas concentrações de sódio trocável, aumento da condutividade elétrica do solo, RAS e PST.

Devido ao acúmulo de sódio e ao potássio no solo cultivado com o Tifton 85 e Capim Marandu obtidos com a fertirrigação com EDT, o monitoramento da acumulação desses nutrientes se torna importante para o uso sustentável do EDT na técnica da fertirrigação pois o aumento dos teores de potássio e principalmente de sódio no solo, pode causar toxidez para algumas culturas e promover desestruturação dos atributos físicos do solo.

Considerando as doses de nitrogênio calculadas em função das lâminas de EDT aplicadas no Tifton 85 e Capim Marandu, a análise de regressão revelou efeito linear positivo no incremento dos teores de potássio e sódio trocáveis no solo, na PST e RAS (Figura 1 e Tabela 4) sendo que nos demais atributos analisados os valores permaneceram em torno da média (Tabela 4). Esses resultados estão relacionados com o aporte de potássio e sódio proporcionados pelo aumento das doses de EDT e de acordo com resultados obtidos por Santos et al. (2006b) em que a salinidade de um solo cultivado com mamona fertirrigado com águas residuárias de origem doméstica, se elevou em 222% a mais, em comparação com o uso de água de abastecimento. De forma semelhante, Miranda et al. (2001) observaram aumento dos níveis de salinidade e PST de um solo arenoso submetido a fertirrigação com EDT em capim elefante (*Pennisetum purpureum*).

De acordo com o teste de médias apresentado na Tabela 5, exceto nos teores de carbono e matéria orgânica não houve diferença significativa dos atributos químicos do solo cultivado com as forrageiras, dentro de cada dose de nitrogênio aplicada por meio do EDT. Por sua vez, os teores de carbono e matéria orgânica no solo cultivado com Tifton 85, dentro de cada dose de nitrogênio aplicado por meio do EDT, foram superiores àqueles obtidos no solo cultivado com Capim Marandu. Esses



**Figura 1.** Teores de potássio (A), sódio (B), PST (C) e RAS (D) no solo, cultivados com as forrageiras Tifton 85 e Capim Marandu em função das doses de nitrogênio aplicados por meio do esgoto doméstico tratado, com base na recomendação para as forrageiras

**Figure 1.** Potassium (A), sodium (B), exchangeable sodium percentage - ESP (C) and sodium adsorption ratio - SAR (D) in soil planted with forage grass Tifton 85 and Marandu as a function of doses of nitrogen applied through the treated sewage, based on their recommendation for forages

**Tabela 4.** Equações ajustadas e valores médios dos atributos químicos no solo cultivado com as forrageiras Tifton 85 e Capim Marandu em função de doses de nitrogênio aplicado por meio do esgoto doméstico tratado

**Table 4.** Adjusted equations and mean values of the chemical attributes in soil cultivated with forage grass and Tifton 85 Marandu as a function of nitrogen doses applied through the treated domestic sewage

Nutriente	Capim Tifton 85		Capim Marandú	
	Equação	r <sup>2</sup>	Equação	r <sup>2</sup>
Potássio	$\hat{y} = 23,7502 + 0,4762 \times \text{DOS}$	0,9332	$\hat{y} = 23,1251 + 0,5622 \times \text{DOS}$	0,9373
Sódio	$\hat{y} = 26,0631 + 0,4585 \times \text{DOS}$	0,8823	$\hat{y} = 17,2186 + 0,5692 \times \text{DOS}$	0,9024
PST	$\hat{y} = 0,5351 + 0,0321 \times \text{DOS}$	0,9511	$\hat{y} = 0,4652 + 0,0375 \times \text{DOS}$	0,9586
RAS	$\hat{y} = 0,0443 + 0,0009 \times \text{DOS}$	0,9797	$\hat{y} = 0,0251 + 0,0012 \times \text{DOS}$	0,9888
Enxofre	$\hat{y} = x = 2,53 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 2,67 \text{ mg dm}^{-3}$	-
Fósforo	$\hat{y} = x = 4,03 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 3,42 \text{ mg dm}^{-3}$	-
Cálcio	$\hat{y} = x = 1,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 1,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
pH	$\hat{y} = x = 5,63 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 5,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
Magnésio	$\hat{y} = x = 5,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 4,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
Alumínio	$\hat{y} = x = 0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
H+Al <sup>3+</sup>	$\hat{y} = x = 2,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 3,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
Carbono	$\hat{y} = x = 2,81 \text{ g dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 2,09 \text{ g dm}^{-3}$	-
T	$\hat{y} = x = 9,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 9,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
t	$\hat{y} = x = 6,70 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 6,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
SB	$\hat{y} = x = 6,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 5,99 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-
V	$\hat{y} = x = 68,50\%$	-	$\hat{y} = x = 62,88\%$	-
MO	$\hat{y} = x = 4,78 \text{ g dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 4,75 \text{ g dm}^{-3}$	-
Ferro	$\hat{y} = x = 145,43 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 138,83 \text{ mg dm}^{-3}$	-
Cobre	$\hat{y} = x = 1,40 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 1,26 \text{ mg dm}^{-3}$	-
Zinco	$\hat{y} = x = 1,64 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 1,64 \text{ mg dm}^{-3}$	-
Manganês	$\hat{y} = x = 35,09 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 34,35 \text{ mg dm}^{-3}$	-
Boro	$\hat{y} = x = 0,12 \text{ mg dm}^{-3}$	-	$\hat{y} = x = 0,12 \text{ mg dm}^{-3}$	-

\* Significativo a 5% de probabilidade, DOS - Doses de nitrogênio aplicado por meio do esgoto doméstico tratado, PST - Porcentagem de Saturação por Sódio, RAS - Razão de Adsorção de Sódio, H+Al<sup>3+</sup> - Acidez potencial, T - CTC total, t - CTC efetiva, SB - Soma de Bases, V - Saturação por Bases, MO - Matéria Orgânica

**Tabela 5.** Valores médios dos atributos químicos do solo cultivados com Tifton 85 e Capim Marandu em função doses de nitrogênio aplicado por meio do esgoto doméstico tratado com base na recomendação para as forrageiras

**Table 5.** Mean values of the chemical attributes of soil planted with Tifton 85 and Marandu grasses depending on levels of nitrogen applied by means of treated domestic sewage, based on their recommendation for forage

Forrageira	Doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )				Doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )			
	20	40	60	80	20	40	60	80
Enxofre (mg dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	2,91 a	2,93 a	2,63 a	2,65 a	4,93 a	4,89 a	4,05 a	4,21 a
Capim Marandú	2,48 a	2,61 a	2,64 a	2,64 a	3,69 a	3,83 a	3,17 a	3,98 a
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	30,70 a	44,90 a	55,80 a	58,80 a	36,10 a	40,25 a	59,25 a	60,33 a
Capim Marandú	37,15 a	44,95 a	45,80 a	48,30 a	31,70 a	38,15 a	45,30 a	67,30 a
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	0,97 a	1,14 a	1,13 a	1,28 a	5,58 a	5,56 a	5,64 a	5,65 a
Capim Marandú	1,04 a	1,08 a	1,01 a	1,13 a	5,50 a	5,50 a	5,50 a	5,58 a
pH								
Capim Tifton 85	0,97 a	1,14 a	1,13 a	1,28 a	5,58 a	5,56 a	5,64 a	5,65 a
Capim Marandú	1,04 a	1,08 a	1,01 a	1,13 a	5,50 a	5,50 a	5,50 a	5,58 a
PST (%)								
Capim Tifton 85	1,17 a	2,16 a	2,45 a	3,57 a	0,06 a	0,07 a	0,09 a	0,11 a
Capim Marandú	1,34 a	1,65 a	2,30 a	3,26 a	0,05 a	0,07 a	0,09 a	0,12 a
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	5,90 a	5,92 a	5,96 a	5,95 a	0,05 a	0,07 a	0,06 a	0,05 a
Capim Marandú	5,17 a	5,68 a	5,96 a	5,78 a	0,07 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	5,90 a	5,92 a	5,96 a	5,95 a	0,05 a	0,07 a	0,06 a	0,05 a
Capim Marandú	5,17 a	5,68 a	5,96 a	5,78 a	0,07 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a
Acidez Potencial (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	2,85 a	2,84 a	3,01 a	2,87 a	3,14 a	3,74 a	3,11 a	3,24 a
Capim Marandú	3,05 a	3,04 a	3,23 a	3,28 a	2,01 b	2,79 b	2,24 b	2,21 b
Carbono (g dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	10,30 a	10,28 a	10,28 a	10,34 a	7,44 a	7,43 a	7,56 a	7,47 a
Capim Marandú	10,30 a	10,27 a	10,60 a	10,02 a	7,29 a	7,12 a	7,37 a	7,73 a
CTC total (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	10,30 a	10,28 a	10,28 a	10,34 a	7,44 a	7,43 a	7,56 a	7,47 a
Capim Marandú	10,30 a	10,27 a	10,60 a	10,02 a	7,29 a	7,12 a	7,37 a	7,73 a
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	10,30 a	10,28 a	10,28 a	10,34 a	7,44 a	7,43 a	7,56 a	7,47 a
Capim Marandú	10,30 a	10,27 a	10,60 a	10,02 a	7,29 a	7,12 a	7,37 a	7,73 a
Soma de Bases (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	7,38 a	7,34 a	7,49 a	7,31 a	70,13 a	71,56 a	70,87 a	71,43 a
Capim Marandú	7,18 a	7,04 a	7,31 a	7,68 a	69,63 a	69,28 a	69,84 a	69,02 a
Saturação por Bases (%)								
Capim Tifton 85	7,38 a	7,34 a	7,49 a	7,31 a	70,13 a	71,56 a	70,87 a	71,43 a
Capim Marandú	7,18 a	7,04 a	7,31 a	7,68 a	69,63 a	69,28 a	69,84 a	69,02 a
Matéria Orgânica (g dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	5,25 a	5,73 a	5,37 a	5,82 a	138,72 a	139,89 a	139,21 a	134,13 a
Capim Marandú	3,04 b	3,07 b	3,87 b	3,24 b	139,99 a	138,08 a	136,13 a	132,11 a
Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	5,25 a	5,73 a	5,37 a	5,82 a	138,72 a	139,89 a	139,21 a	134,13 a
Capim Marandú	3,04 b	3,07 b	3,87 b	3,24 b	139,99 a	138,08 a	136,13 a	132,11 a
Zinco (mg dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	1,27 a	1,24 a	1,51 a	1,58 a	1,82 a	1,49 a	1,76 a	1,80 a
Capim Marandú	1,16 a	1,17 a	1,54 a	1,34 a	1,57 a	1,55 a	1,60 a	1,59 a
Boro (mg dm <sup>-3</sup> )								
Capim Tifton 85	33,51 a	35,47 a	31,18 a	36,90 a	0,14a	0,13 a	0,11 a	0,07 a
Capim Marandú	34,52 a	34,47 a	34,83 a	39,90 a	0,14 a	0,13 a	0,12 a	0,09 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas dentro de cada dose de nitrogênio aplicada, não diferem entre si pelo teste de Tuckey (P<0,05)

resultados estão relacionados com o incremento de nitrogênio no solo proporcionado pela aplicação do EDT e também pela mineralização da matéria orgânica no solo cultivado com Tifton 85. Segundo Moreira e Siqueira (2002) a mineralização da matéria orgânica nas áreas de pastagem pode ser influenciada por substâncias excretadas pelas raízes de algumas gramíneas inibindo a nitrificação afetando, assim, o nível de carbono no solo.

Além disto, e se considerando que o EDT utilizado no experimento é um subproduto de interesse agrônômico e que apresentou possibilidades reais de uso no cultivo agrícola, o mesmo deve ser utilizado como fertilizante promovendo um destino adequado a este subproduto, além das vantagens de redução de custo. Para sua utilização deve ser respeitada a dose adequada ao tipo de solo e profundidade do lençol freático, tal como as das diretrizes técnicas fundamentadas nas exigências nutricionais da cultura instalada.

## CONCLUSÕES

Em curtos períodos a aplicação do EDT em relação à adubação mineral em sistemas de produção de forragens com Tifton 85 e Capim Marandu, aumentou no solo os teores de potássio, sódio, RAS e PST, enquanto nos demais atributos químicos não houve alterações. Por outro lado, o aumento das doses de EDT aplicadas promoveu um aumento dos teores de potássio, sódio, RAS e PST nos solos cultivados com Tifton 85 e Capim Marandu enquanto nos demais atributos químicos os valores permaneceram em torno da média.

## LITERATURA CITADA

- American Public Health Association - Apha. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. New York : Apha, WWA, WPCR, 1995. 1819p.
- Barroso, L. B.; Wolff, D. B. Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v.8, n.3, p.225-236, 2011. <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=607>>. 30 Set. 2011.
- Benett, C. G. S.; Buzetti, S.; Silva, K.S.; Bergamaschine, A. F.; Fabricio, J. A.; Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.5, p.1629-1636, 2008. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000500041](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000500041)>. 18 Set. 2011. doi:10.1590/S1413-70542008000500041.
- Costa, M.; Beltrao, J.; Dionisio, L. P. C.; Guerrero, C. A. C.; Brito, J. M. C.; Matos, L.; Rebelo, J.; Gamito, P. Response of fairway grasses of golf courses to potable water irrigation as compared to wastewater application. *Acta Horticulturae*. n.573, p.357-362, 2002. <[http://www.actahort.org/books/573/573\\_42.htm](http://www.actahort.org/books/573/573_42.htm)>. 10 Sep. 2011.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.
- Erthal, V. J. T.; Ferreira, P. A.; Pereira, O. G.; Matos, A. T. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.5, p.458-466, 2010. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662010000500002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000500002)>. 10 Out. 2011. doi:10.1590/S1415-43662010000500002.
- Jnad, I.; Lesikar, B.; Kenimer, A.; Sabbagh, G. Subsurface drip of residential effluent: I. soil chemical characteristics. *Transaction of the ASAE*, v.44, n.5, p.1149-1157, 2001. <[http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=6444&redir=\[volume=44&issue=5&conf=t&orgconf=t2001\]&redirType=toc\\_journals.asp&dabs=Y](http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=6444&redir=[volume=44&issue=5&conf=t&orgconf=t2001]&redirType=toc_journals.asp&dabs=Y)>. 10 Sep. 2011.
- Medeiros, S. S.; Soares, A. A.; Ferreira, P. A.; Neves, J. C. L.; Matos, A. T.; Souza, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.4, p.603-612, 2005. <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400026&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400026&script=sci_arttext)>. 05 Out. 2011. doi:10.1590/S1415-43662005000400026.
- Miranda, R. J. A.; Melo, H. N. S.; Andrade Neto, C. O.; Lucas Filho, M. Evolução da salinidade em solo irrigado com esgoto sanitário tratado. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21., 2001, João Pessoa-PB. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. p.1-6.
- Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002. 626p.
- Rezotti, L. C.; Gomes, J. A.; Dadalto, G. G.; Oliveira, J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo 5ª aproximação. Vitória, ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- Santos, K. D.; Henrique, I. N.; Sousa, J. T. de; Leite, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. *Revista de Biologia e Ciências da Terra, suplemento especial*, n.1, 2006a. <<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/fertirrigacaoagricola.pdf>>. 12 Out. 2011.
- Santos, M. B. H.; Lima, V. L. A.; Van Haandel, A. C.; Beltrão, N. E. M.; Souza, A. P. Salinidade de um solo, irrigado com água residuária e adubado com biossólido. *Agropecuária Técnica*, v.27, n.1, p.30-36, 2006b. <[http://www.cca.ufpb.br/revista/pdf/2006\\_1\\_4.pdf](http://www.cca.ufpb.br/revista/pdf/2006_1_4.pdf)>. 02 Out. 2011.
- Villela Junior, L. V. E.; Araújo, J. A. C.; Factor, T. L. Efeito da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, p.72-79, 2003. <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662003000100012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662003000100012)>. 30 Set. 2011. doi:10.1590/S1415-43662003000100012.
- Zimmer, A.; Silva, M. P.; Mauro, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: Peixoto, A. M.; Maura, J. C.; Pedreira, C. G. S.; Faria, V. P. (eds.). Inovações tecnológicas no manejo de pastagens. Piracicaba: FEALQ, 2002. Cap. 2, p.31-58.