



Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica

Salomão de S. Medeiros¹; Antônio A. Soares²; Paulo A. Ferreira²; José A. A. de Souza²;
José A. de Souza³ & Antônio T. de Matos²

¹ DEAg/UFCG. CEP 58.109-085, Campina Grande, PB. E-mail: salommao@gmail.com

² DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. E-mail: aasoares@ufv.br; pafonso@ufv.br; albertojanauba@gmail.com; atmatos@ufv.br

³ Agronomia/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG.. E-mail: adinansouza@yahoo.com.br

Protocolo 174

Resumo: A aplicação controlada de água residuária no solo tem constituído uma prática ambiental viável para disposição final desse resíduo e uma alternativa para ampliar a fronteira agrícola, visto que, além de suprir as necessidades hídricas das culturas aportam quantidades significativas de nutrientes às plantas. Neste contexto, o trabalho teve, como objetivo principal, investigar o comportamento dos atributos químicos no perfil do solo, em resposta à aplicação de água residuária filtrada de origem doméstica, e comparar os resultados com aqueles obtidos com o manejo convencional. O experimento foi implantado na Unidade Piloto de Tratamento de Água Residuária e Agricultura Irrigada, localizada na Universidade Federal de Viçosa – UFV. Os resultados obtidos permitiram concluir-se que a aplicação de água residuária de forma controlada pode vir como alternativa para potencializar a produção de alimentos, sem efeitos negativos ao solo nem às águas subterrâneas.

Palavras-chave: reúso de água, irrigação, fertilidade

Behavior of the soil chemical attributes in response to application of wastewater of domestic origin

Abstract: The controlled application of wastewater in soil has become a feasible environmental practice for final disposal of this residue, as well as an alternative to increase the agricultural boundary, because the wastewater can supply the water crop needs and provide nutrients to the crops. In this context, the study aimed to investigate the behavior of the chemical attributes in the soil profile, in response to application of urban wastewater and to compare the results with that obtained with the conventional management. The study was carried out in the Experimental Unit of Wastewater Treatment and Irrigated Agriculture, at Universidade Federal de Viçosa – UFV. The results obtained permit to conclude that the controlled application of wastewater may be an alternative to raise the potential of food production, without negative effects in the soil and underground water.

Key words: water reuse, irrigation, fertility

INTRODUÇÃO

Quanto à qualidade e eficiência do sistema de esgotamento sanitário, o Brasil tem um longo caminho a percorrer para atingir condição satisfatória: 47,8% dos municípios não possuem sistema de coleta de água residuária, 32% só coleta e 20,2% coleta e trata. O Norte é a região com maior proporção de municípios sem coleta (92,9%), seguido do Centro-Oeste (82,1%), do Sul (61,1%), do Nordeste (57,1) e do Sudeste (7,1%). Os municípios que têm apenas serviço de coleta, superam a proporção daqueles que coletam e tratam a água residuária

(32,0% e 20,2%, respectivamente). Mesmo no Sudeste, região do País com maior proporção de municípios com água residuária coletada e tratada, somente um terço dos municípios possuem condições adequadas de esgotamento sanitário (IBGE, 2000).

Ante toda esta problemática, a maior preocupação se relaciona ao comprometimento da qualidade do meio ambiente, em especial à dos corpos hídricos, por servir de depurador desses resíduos, que são lançados sem tratamento adequado.

O uso planejado de águas residuárias implica em necessidade menor de captação dos recursos hídricos primários e de uma geração menor de efluentes constituindo-se, portanto, em uma

estratégia eficaz para a conservação desse recurso natural, em seus aspectos qualitativos e quantitativos.

Dentre os setores que mais têm difundido o uso e águas residuárias, destaca-se o agrícola. Esta prática, quando implementada de forma controlada, além de permitir a conservação dos corpos hídricos aporta consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, refletindo-se em melhoria de sua fertilidade, tendo como conseqüência o incremento da produtividade das culturas e redução dos custos com adubação química.

Os efeitos da aplicação de água residuária nas propriedades químicas do solo, só são pronunciados após longo período de aplicação, pelos parâmetros que definem sua composição física e química, pelas condições de clima e pelo tipo de solo. Ayers & Westcot (1985) relatam que a limitação principal do uso de águas residuárias na agricultura é a sua composição química (totais de sais dissolvidos, presença de íons tóxicos e concentração relativa de sódio) e a tolerância das culturas a este tipo de efluente.

Muitos países têm incluído a utilização da água no planejamento de recursos hídricos, visto que os efluentes devem constituir parte integrante do plano nacional dos recursos hídricos (Tanji, 1997; Bouwer, 2000). Em alguns casos, como Jordânia e Arábia Saudita, tem havido uma política nacional para utilização de todos os efluentes gerados (Pescod, 1992).

Neste sentido objetivou-se, com este trabalho, investigar os efeitos da aplicação de água residuária filtrada de origem doméstica sobre o comportamento dos atributos químicos do solo, e comparar os resultados com aqueles obtidos com o manejo convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Unidade Piloto de Tratamento de Água Residuária e Agricultura Irrigada, localizada na Universidade Federal de Viçosa – UFV, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola – DEA. A Unidade Piloto é constituída de uma estação elevatória e uma unidade de tratamento de água residuária de origem doméstica (abastecida pelo esgoto proveniente do condomínio Bosque Acamari) conjugada a um sistema de irrigação localizada por gotejamento, que possibilita a aplicação do efluente em uma área de 0,14 ha de cafeeiro (variedade Catuaí) com três anos de idade, cujo espaçamento é de 2,5 m entre linhas de plantio e 0,75 m entre plantas. A classificação do solo da área experimental, segundo Vieira (2003), é um Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico, dividido em cinco horizontes denominados: horizonte A de 0 a 0,13 m de profundidade; horizonte AB de 0,13 a 0,26 m de profundidade; horizonte BA de 0,26 a 0,48 m; horizonte B₁ de 0,48 a 0,75 m e o horizonte B₂ de 0,75 a 1,00 m.

Na realização do experimento usou-se apenas parte da Unidade Piloto, na qual se montou uma infra-estrutura para aplicação da água residuária bruta, oriunda do esgoto doméstico. A infra-estrutura é composta de uma linha de derivação que capta a água residuária bruta da adutora e a conduz a um filtro de areia, para ser filtrada; após a filtração, a água residuária é armazenada em tanque com capacidade de 2.500 L, contando com um sistema de motobomba acoplado,

possibilitando a sua aplicação através de um sistema de irrigação por gotejamento, após nova filtração por um filtro de disco.

O filtro de areia tem formato cilíndrico com fluxo ascendente, tendo, como material filtrante, camadas sobrepostas de cascalho, areia grossa lavada, areia fina lavada, areia grossa lavada e cascalho; já o filtro de disco é de 1" de 120 mesh, com capacidade de filtração de até 5,0 m³ h⁻¹. Por outro lado, o filtro de areia trabalhava com capacidade de filtração de aproximadamente 0,2 m³ h⁻¹.

O experimento foi montado segundo o esquema de blocos (linhas de plantio) com três repetições tendo, em cada bloco, os tipos de manejos adotados: com água residuária – MR (com cinco diferentes lâminas de águas residuárias) e convencional – MC (adubação química e irrigação suplementar com água boa), distribuídos ao acaso.

O delineamento experimental adotado totalizou 18 unidades experimentais, com oito plantas cada uma, ocupando uma área de 15 m². O experimento foi analisado segundo o esquema de parcelas subdivididas tendo, nas parcelas, os tipos de manejo adotados e, nas subparcelas as faixas de profundidade (0 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40; 0,40 – 0,50 e 0,50 – 0,60 m) no delineamento em blocos casualizados.

Os atributos químicos do solo monitorados foram: pH, N (total), P, K e Na durante o período de 270 dias. O experimento foi iniciado em novembro de 2003 e concluído em agosto de 2004. As amostragens de solo foram realizadas, paralelamente, à linha de plantio, em ambos os lados das quatro plantas centrais de cada unidade experimental; estas foram coletadas a uma distância de aproximadamente 0,10 m do caule, totalizando oito amostras por parcela para formar uma amostra composta. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos – DPS, segundo metodologias descritas pela EMBRAPA (1997).

O MC (tratamento T₁), consistiu de calagem, adubação convencional e irrigação suplementar com água da represa. Realizaram-se a calagem e a adubação do cafeeiro com base na análise química do solo, seguindo a Recomendação para Uso de Corretivos e Fertilizantes do Estado de Minas Gerais – 5ª aproximação (1999). A calagem foi realizada com base no método da neutralização do Al³⁺ e da elevação dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ aplicando-se, de uma só vez, 1.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de calcário em linha contínua, abaixo da saia do cafeeiro. Na adubação convencional aplicaram-se 50 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P₂O₅, tomando-se por base as concentrações de P disponível no solo e a de P remanescente, considerando-se uma produtividade 31 a 40 sc ha⁻¹. A fonte de P₂O₅ utilizada foi o superfosfato simples, aplicado de uma só vez; por outro lado, a adubação com N e K⁺ foi realizada através de aplicações de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e de K₂O, com base na concentração de N nas folhas e na concentração de K⁺ no solo. A aplicação desses nutrientes foi realizada abaixo da saia do cafeeiro e parcelada três vezes, com intervalo de 30 dias. A fonte de N utilizada foi o sulfato de amônia e a de K, o cloreto de potássio. A irrigação foi realizada no MC, com base na evapotranspiração do cafeeiro sendo que, no final do experimento (após 270 dias da adoção dos manejos) a lâmina acumulada foi de 101 mm.

Para estimativa da evapotranspiração do cafeeiro instalou-se uma estação climatológica na área experimental, para monitoramento das condições climáticas.

No MR, o critério adotado na definição das lâminas de água residuária de origem doméstica, baseou-se no aporte de N – total ao solo; as lâminas aplicadas teriam de aportar o equivalente a 200, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N – total ao solo, aos tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆, respectivamente; contudo, as lâminas a serem aplicadas totalizariam 401, 600, 802, 1001 e 1201 mm ano⁻¹, considerando-se uma concentração média de N – total na água residuária de 50 mg L⁻¹; todavia, em razão das precipitações ocorridas no período, as lâminas de água residuária totalizaram: 202, 262, 399, 468 e 532 mm, correspondendo a aplicação de 81, 107, 157, 189 e 217 kg ha⁻¹ de N – total.

A frequência da aplicação da água residuária foi diária, exceto aos sábados e domingos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, ajustando-se equações de regressão, no sentido de se estudar o comportamento de cada atributo monitorado no perfil do solo, em resposta ao tipo de manejo adotado (MC e MR com cinco diferentes lâminas).

A escolha dos modelos de regressão baseou-se na significância dos coeficientes, utilizando-se o teste “F” e se considerando o nível máximo de significância de 10 % de probabilidade. Nas análises estatísticas, utilizou-se o software SAEG 5.0 (FUNARBE, 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que, de maneira geral, os modelos de regressão ajustados aos atributos químicos do solo em função da profundidade, apresentaram alta capacidade preditiva (R² > 0,70) para descrever o seu comportamento no perfil do solo, após 270 dias da adoção dos manejos convencional e com água residuária filtrada (Figuras 1 a 5).

Os valores do pH do solo observados no MR, foram superiores àqueles encontrados no MC (Figura 1) e, também, que o pH do solo aumentava significativamente com a profundidade, em resposta à adoção do MR, indicando comportamento quadrático nos tratamentos T₃, T₄ e T₆, e linear nos T₂ e T₅. Estes comportamento pode ser atribuído à adição de bases (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺) pela água residuária filtrada e por sua característica de alcalinidade (pH médio 7,23).

Nota-se, com a adoção do MC, que os valores de pH do solo foram inferiores ao MR, principalmente nas três primeiras faixas de profundidades. Este decréscimo do pH do solo no MC pode ter sido influenciado pela aplicação de sulfato de amônio como fonte de nitrogênio que, após o processo de nitrificação, provocou maior acidez do solo, e pela absorção dos cátions básicos da solução do solo (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) pelo cafeeiro.

De maneira geral, não se detectou superioridade das concentrações de N – total do solo em resposta ao tipo de manejo. As concentrações de N (Figura 2) decresceram significativamente, com o aumento da profundidade, em

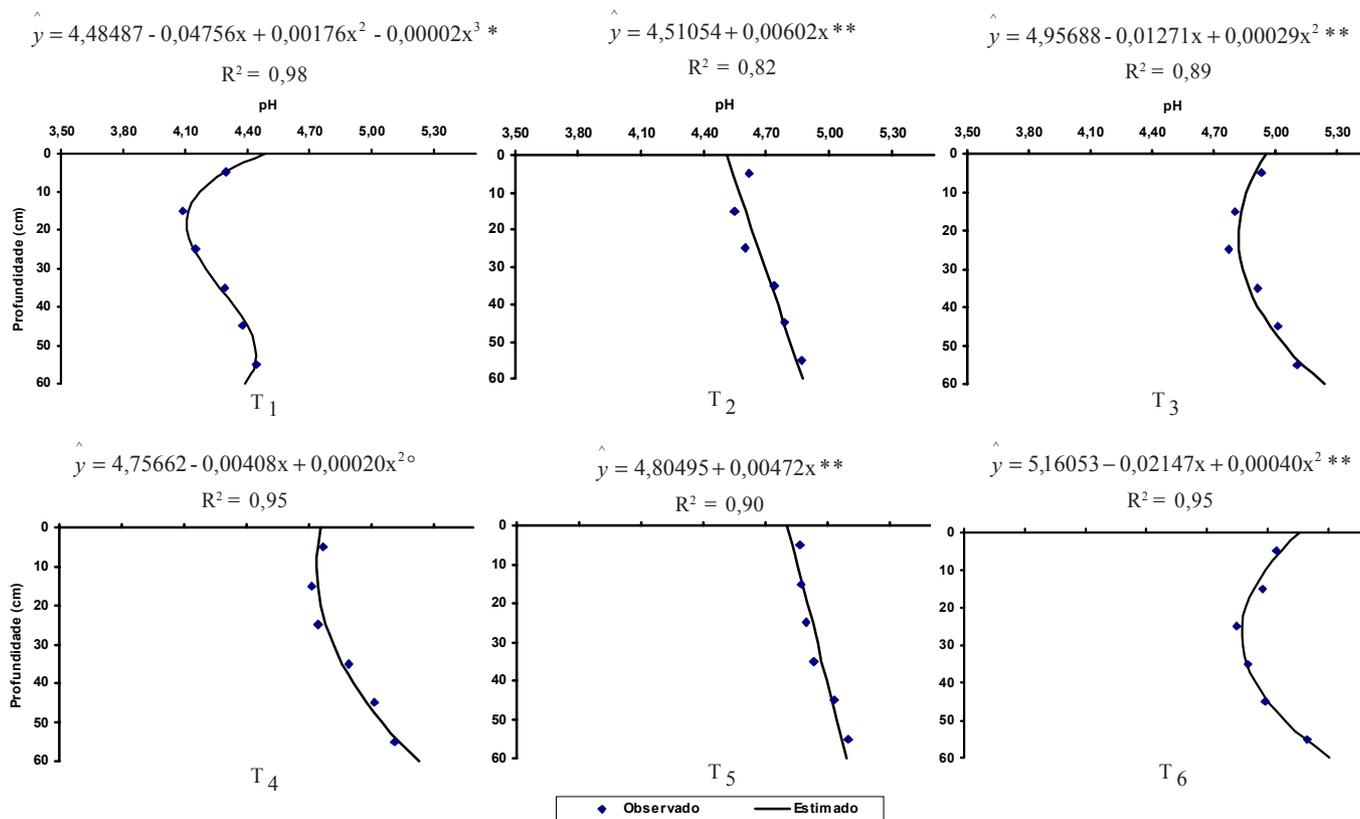


Figura 1. Comportamento do pH no perfil do solo ao final do experimento, em resposta à adoção do manejo convencional – MC (T₁) e do manejo com água residuária filtrada de origem doméstica – MR, com uma lâmina aplicada de 202 mm (T₂), 262 mm (T₃), 399 mm (T₄), 468 mm (T₅) e 532 mm (T₆). Os valores observados são provenientes da média de três repetições. **, * e ° modelos significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente

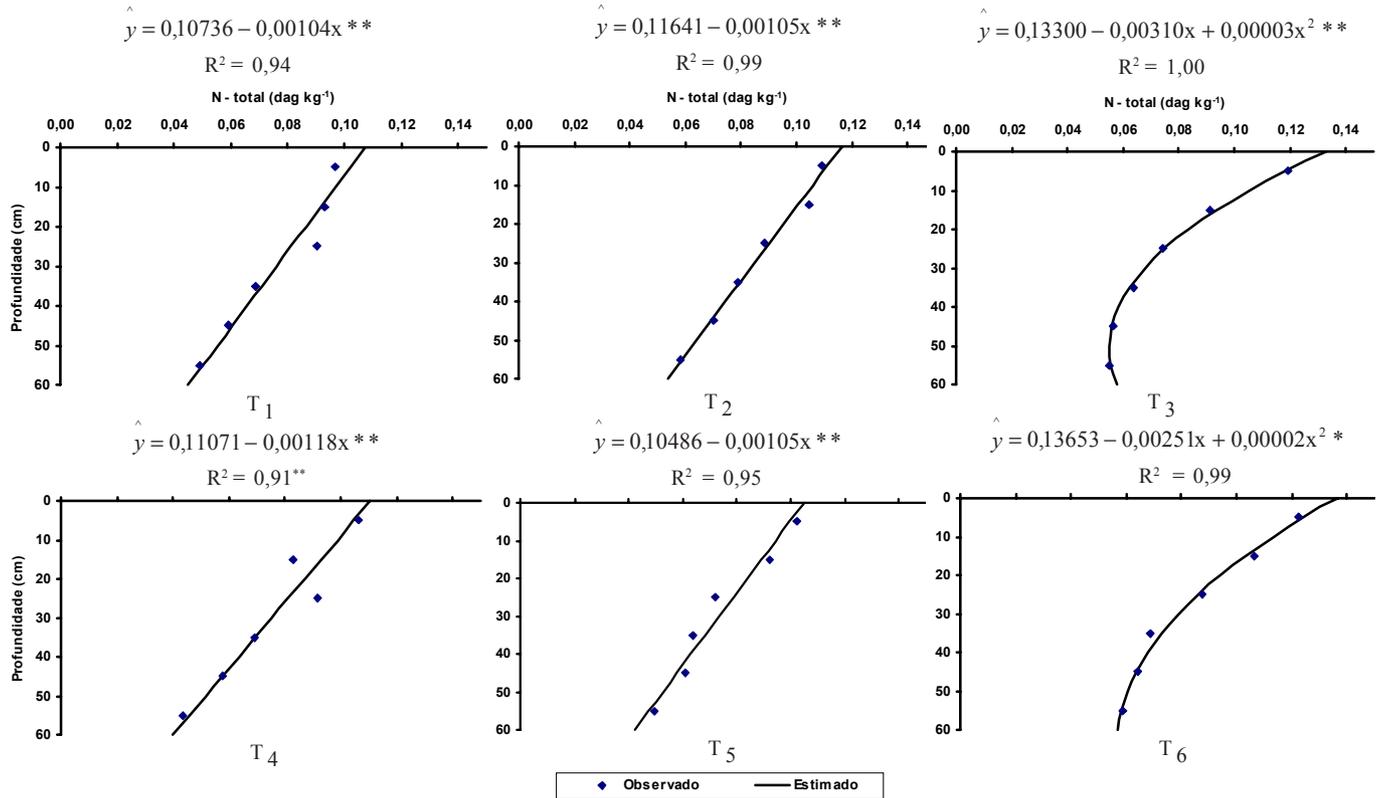


Figura 2. Comportamento do N – total no perfil do solo ao final do experimento, em resposta à adoção do manejo convencional – MC (T₁) e do manejo com água residuária filtrada de origem doméstica – MR, com uma lâmina aplicada de 202 mm (T₂), 262 mm (T₃), 399 mm (T₄), 468 mm (T₅) e 532 mm (T₆). Os valores observados se originaram da média de três repetições. **, * e ° modelos significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente

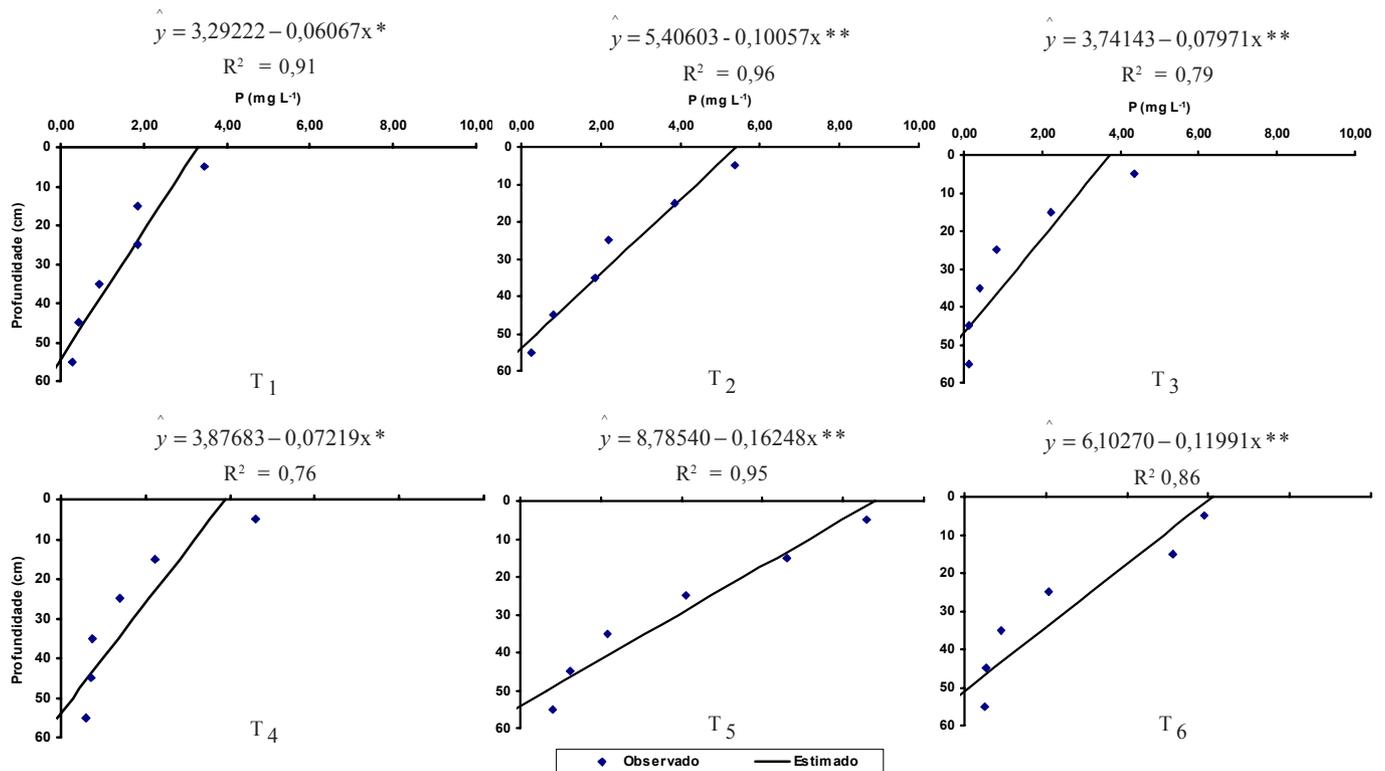


Figura 3. Comportamento do P no perfil do solo ao final do experimento, em resposta à adoção do manejo convencional – MC (T₁) e do manejo com água residuária filtrada de origem doméstica – MR, com uma lâmina aplicada de 202 mm (T₂), 262 mm (T₃), 399 mm (T₄), 468 mm (T₅) e 532 mm (T₆). Os valores observados são provem da média de três repetições. **, * e ° modelos significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente

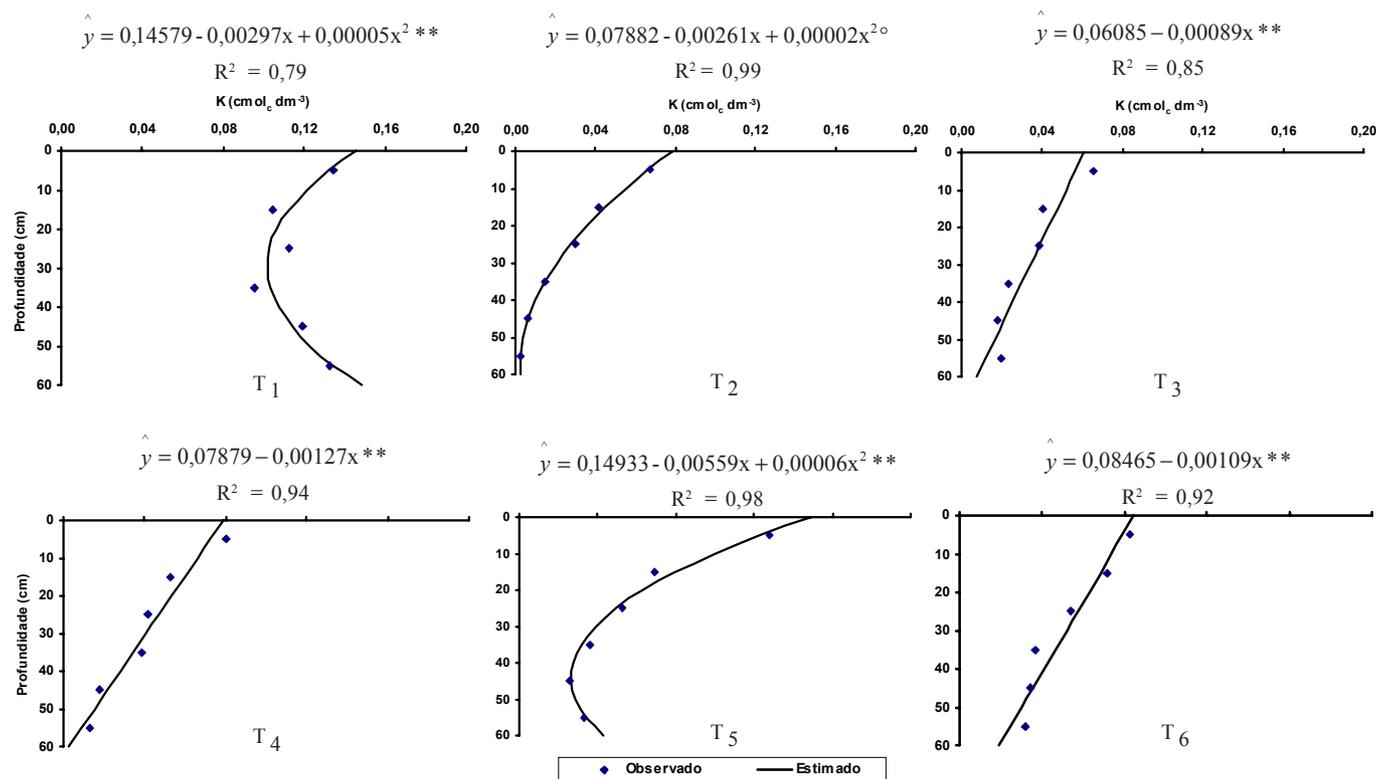


Figura 4. Comportamento do K^+ no perfil do solo ao final do experimento, em resposta à adoção do manejo convencional – MC (T_1) e do manejo com água residuária filtrada de origem doméstica – MR, com uma lâmina aplicada de 202 mm (T_2), 262 mm (T_3), 399 mm (T_4), 468 mm (T_5) e 532 mm (T_6). Os valores observados são provenientes da média de três repetições. **, * e ° modelos significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente

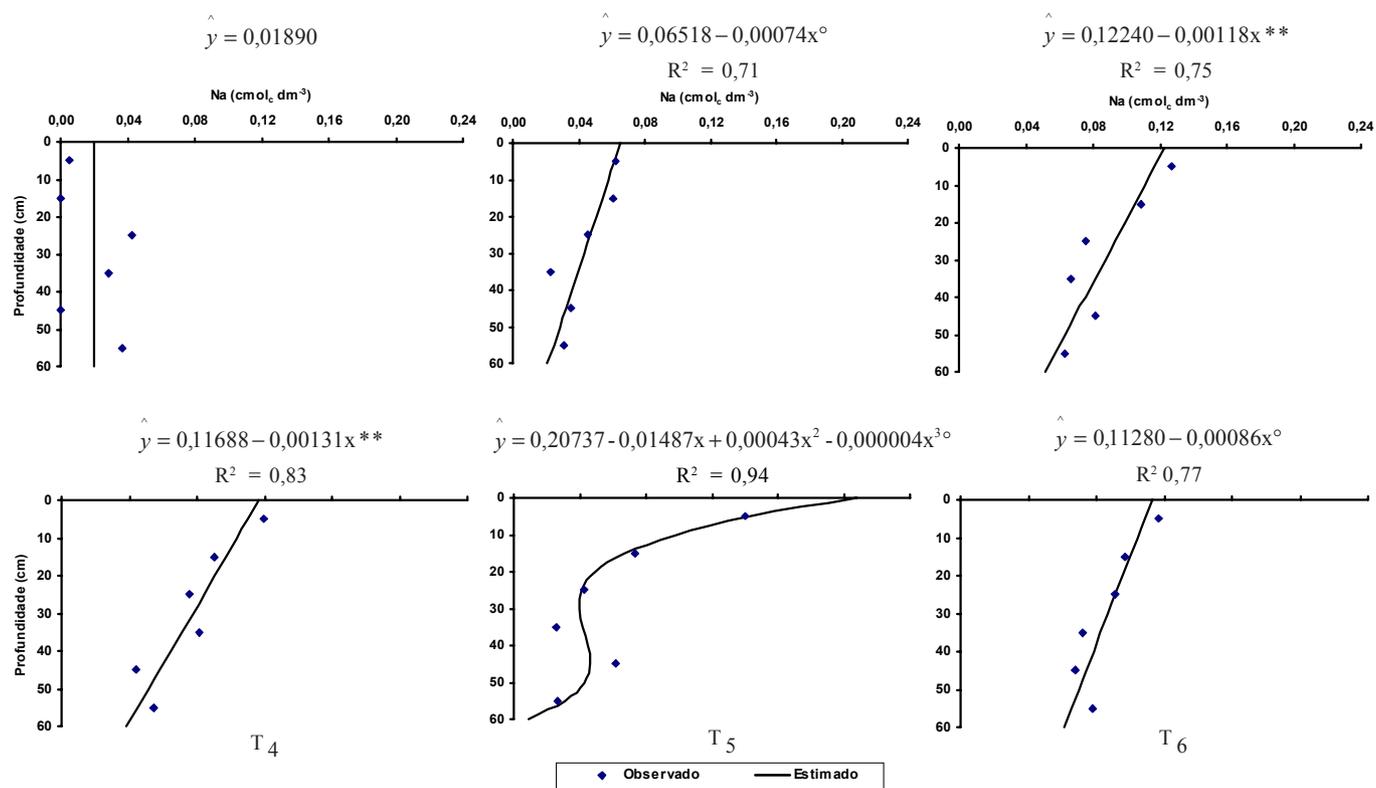


Figura 5. Comportamento do Na^+ no perfil do solo ao final do experimento, em resposta à adoção do manejo convencional – MC (T_1) e do manejo com água residuária filtrada de origem doméstica – MR, com uma lâmina aplicada de 202 mm (T_2), 262 mm (T_3), 399 mm (T_4), 468 mm (T_5) e 532 mm (T_6). Os valores observados são provenientes da média de três repetições. **, * e ° modelos significativos a 1, 5 e 10%, respectivamente

resposta à adoção dos dois manejos implantados; todavia, o decréscimo da concentração de N – total no solo, nos T₁, T₂, T₄ e T₅, predominaram o modelo linear e, nos demais, o quadrático.

As concentrações de P disponíveis no solo diminuíram, significativamente, com a profundidade, em resposta à adoção dos dois manejos; no entanto, verificou-se, no MR, um aumento maior na concentração de P em relação ao MC, sobretudo nas duas primeiras faixas de profundidade; o acúmulo constatado nas duas primeiras faixas de profundidade se deve, basicamente, à baixa mobilidade do P e à sua retenção pelos minerais de argila.

Nota-se, na Figura 3 que, de modo geral, as concentrações de P disponíveis no solo decresceram, linearmente, com a profundidade, independente do tipo de manejo adotado.

As concentrações de K⁺ disponíveis no solo, em resposta à adoção do MR, permaneceram abaixo dos encontrados no MC e sua concentração decresceu de forma significativa com a profundidade (Figura 4) sendo linear a tendência dos decréscimos em T₃, T₄ e T₆ e quadrático em T₂ e T₅; verificou-se, no MC, que a concentração de K⁺ disponível no solo decresceu até a faixa de profundidade de 0,35 m e posteriormente, aumentou com a profundidade, cujo comportamento sugere que este nutriente foi lixiviado para as camadas inferiores em decorrência das altas e freqüentes precipitações ocorridas durante o período de monitoramento.

As baixas concentrações de K⁺ disponível no solo detectadas no MR em relação ao MC, são devidas ao fato das quantidades aplicadas serem inferiores às aportadas pelo MC.

Observa-se, através da Figura 5 que, em resposta à adoção do MR, a concentração de Na⁺ trocável no solo, principalmente nas duas primeiras faixas de profundidade, ficou acima das encontradas no MC; todavia, sua concentração decresceu significativamente com a profundidade. Nos T₂, T₃, T₄ e T₆ os decréscimos foram lineares e, no T₅ apresentou comportamento cúbico.

O acréscimo observado na concentração de Na⁺ trocável no solo no MR, foi provocado pela concentração na água residuária filtrada, de origem doméstica.

CONCLUSÕES

1. A implantação do manejo com água residuária filtrada foi mais eficaz no aumento do pH do solo que o manejo convencional que recebeu calagem.

2. Não foram detectados aumentos nas concentrações de N – total em resposta ao tipo de manejo adotado.

3. As maiores concentrações de P no solo foram observadas nas primeiras faixas de profundidades, sendo que o manejo com água residuária filtrada favoreceu um maior incremento do que o manejo convencional que recebeu adubação fosfatada.

4. No manejo convencional, as concentrações de K⁺ foram maiores que o água residuária filtrada e devido esta concentração, houve lixiviação para as camadas inferiores, ocasionadas pela precipitação.

5. As concentrações de Na⁺ no solo em resposta à adoção do água residuária filtrada, foram superiores ao manejo convencional, em função da concentração deste elemento na água residuária.

6. Não se verificaram lixiviações de N – total, P, K⁺ e Na⁺ nos tratamentos que receberam água residuária, indicando que a aplicação controlada pode vir como alternativa para potencializar a produção de alimentos, sem comprometimento da qualidade das águas subterrâneas.

LITERATURA CITADA

- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- Bouwer, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.45, p.217-228, 2000.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais. - 5ª aproximação. A.C. Ribeiro, P.T.G. Guimarães, V.H. Alvares V., editores. Viçosa. 359 p, 1999.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise do solo. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 247p.
- FUNARBE. SAEG – Sistema para análises estatísticas – versão 5.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes. 1993. 80p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de Saneamento. <http://www.ibge.gov.br>. Rio de Janeiro. 2000.
- Pescod, M.B. Wastewater treatment and use in agriculture. Irrigation and Drainage Paper, 47. Rome: FAO, 125p, 1992.
- Tanji, K.K. Irrigation with marginal quality waters: issues. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v.123, p.165-169, 1997.
- Vieira, E.O. Índices de lixiviação e modelagem do transporte de pesticidas no solo. Viçosa: UFV. 2003. 184p. Tese Doutorado