



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Alves de Souza, José Alberto; Oliveira Batista, Rafael; Mota Ramos, Márcio; Alves Soares, Antônio
Alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado

Acta Scientiarum. Technology, vol. 32, núm. 4, 2010, pp. 361-366

Universidade Estadual de Maringá

Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226529002>

- 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

Alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado

José Alberto Alves de Souza, Rafael Oliveira Batista*, Márcio Mota Ramos e Antônio Alves Soares

Universidade Federal Rural do Semiárido, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br

RESUMO. Neste trabalho, teve-se como objetivo estudar a alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado. O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados (DBC) com três repetições. O solo da área experimental é Cambissolo; o relevo é acidentado; o clima é Cwb com verões chuvosos e invernos frios e secos; as aplicações da água doce e do esgoto doméstico tratado foram feitas via sistema de irrigação por gotejamento. Os seguintes tratamentos foram usados: T - solo sem irrigação; MC - solo com aplicação de água doce e MR - solo com aplicação de esgoto doméstico tratado. Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m para análises físicas (massa específica do solo, microporosidade, macroporosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e condutividade hidráulica). Os resultados comprovaram que MC e MR aumentaram a massa específica, a microporosidade e a capacidade de campo e que diminuíram a macroporosidade e a condutividade hidráulica do solo em relação à T.

Palavras-chave: água residuária, aplicação localizada, macro e microporosidade.

ABSTRACT. Alteration on physical characteristics of the soil decurrent from application of treated domestic sewage. This study examined the alteration on physical characteristics of the soil decurrent from application of treated domestic sewage. The randomized blocks design was used with three replicates. The soil of the experimental area is *Cambissolo*; the topography is rugged; the climate is Cwb with rainy summer and cold and dry winter; the applications of the domestic sewage were via drip irrigation system. The treatments were: T – non-irrigated soil; MC – soil with application of clean water; and MR – soil with application of treated domestic sewage. Soil samples were collected in the layers of 0 to 0.20, 0.20 to 0.40, and 0.40 to 0.60 m for physical analysis (bulk density, microporosity, macroporosity, field capacity, wilting point and hydraulic conductivity). The results evidenced that MC and MR increased the bulk density, microporosity and field capacity, however diminished the macroporosity and hydraulic conductivity of the soil in relation to the T.

Key words: wastewater, trickle application, macro and microporosity.

Introdução

O uso de águas residuárias na agricultura tem sido uma alternativa de minimizar problemas ambientais, proporcionados pelo lançamento das mesmas em cursos d'água, além de favorecer incremento na produtividade agrícola, que depende de fatores como: cultura, disponibilidade de nutrientes no efluente, demanda nutricional das plantas e manejo. No entanto, a utilização de águas residuárias na agricultura requer o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas que visem à minimização dos riscos de contaminação do solo, do produto agrícola e dos agricultores.

Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de esgotos domésticos ou a destinação

final de efluentes líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Trata-se de técnica que permite aliar o tratamento de esgoto doméstico, para evitar a poluição de corpos hídricos e, consequentemente, reduzir a poluição das águas, à economia de água de boa qualidade que, normalmente, seria usada na irrigação (LEON SUEMATSU; CAVALLINI, 1999).

O esgoto doméstico apresenta concentrações relativamente baixas de matéria orgânica, mas aplicações frequentes, associadas às altas taxas, podem incorporar quantidades apreciáveis de matéria orgânica ao solo, que exercem influência nas

suas propriedades físicas, dentre as quais se destacam: a massa específica, a estrutura e estabilidade dos agregados, a aeração, a drenagem e a retenção de água (FEIGIN et al., 1991).

Os efeitos da aplicação de esgotos domésticos sobre a condutividade hidráulica do solo ainda não estão claramente entendidos, no entanto, a maioria dos estudos tem indicado decréscimo da condutividade hidráulica (FEIGIN et al., 1991; BALKS et al., 1997; BOND, 1998), bem como alterações de outras propriedades hídricas tais como infiltração, drenagem e capacidade de retenção de água (COOK et al., 1994; JNAD et al., 2001).

Feigin et al. (1991) afirmaram que as elevadas concentrações de partículas orgânicas e inorgânicas nos esgotos domésticos obstruem os poros da superfície do solo, reduzindo a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica, de 20 a 30%. Os autores alertam que o decréscimo na condutividade hidráulica do solo pode resultar em graves problemas como alagamentos ou escoamento superficial. Superfícies alagadas aumentam o fluxo preferencial de contaminantes pelo solo e pelo aumento do escoamento superficial podem provocar erosão e contaminação das águas superficiais.

A principal alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico, via sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, em áreas cultivadas com grama, foi o incremento na capacidade de retenção de água no solo, atribuído ao decréscimo de macroporos e ao acréscimo de microporos, influenciando, assim, a condutividade hidráulica do solo saturado (JNAD et al., 2001). Gonçalves et al. (2005) constatarem diminuição da condutividade hidráulica e da microporosidade em latossolo fertirrigado com esgoto doméstico. Ocorreram correlações significativas entre o volume de microporos, a porcentagem de argila dispersa em água e o Na^+ , o que resultou na ocorrência dos processos de dispersão e expansão de agregados. O grau de expansão e dispersão das argilas do solo depende da natureza do argilomineral predominante. Maior sensibilidade para esses processos é tida para a montmorilonita, sensibilidade moderada para a illita e menor sensibilidade para a caolinita (FEIGIN et al., 1991).

Feigin et al. (1991) advertem que não somente o efeito do Na^+ no solo é responsável pela diminuição da condutividade hidráulica, mas também os sólidos suspensos de origem orgânica podem ser agentes para redução da condutividade hidráulica; contudo, esse efeito depende da sua concentração na água, da taxa de aplicação, do tipo de solo e das condições climáticas.

Assim sendo, há, sem dúvida, necessidade de se investigar mais a respeito das consequências do uso de esgoto doméstico na agricultura, particularmente com relação à alteração de características físicas do solo, de forma que se possam estabelecer critérios de manejo que visem à sustentabilidade técnica e ambiental dessa tecnologia.

O presente trabalho objetivou estudar a alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Piloto de Tratamento de Água Residuária e Agricultura Irrigada localizada no Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Estado de Minas Gerais. A unidade piloto é abastecida com esgoto doméstico proveniente de um condomínio residencial.

Na área experimental foi montada uma infraestrutura para aplicação do esgoto doméstico. Tal infraestrutura é composta de um filtro de areia, um reservatório de 2.500 L, um filtro de discos de 120 mesh com capacidade de filtragem de até $5,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, um conjunto motobomba e um sistema de irrigação por gotejamento, conforme apresentado na Figura 1.

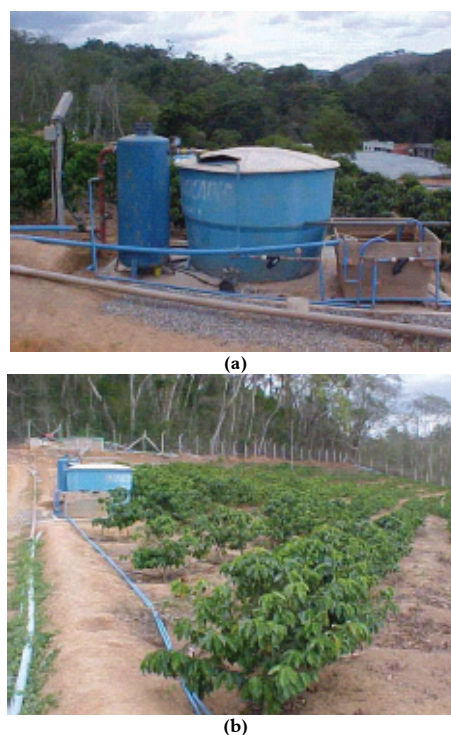


Figura 1. Infraestrutura montada para aplicação do esgoto doméstico tratado, destacando-se a unidade de controle (a) e os cafeeiros fertirrigados (b).

Durante o período experimental, avaliou-se o desempenho do conjunto de filtros na remoção dos sólidos suspensos totais e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água residuária. Foram coletadas amostras da água residuária bruta a montante do filtro de areia e diretamente nos gotejadores, após passar pelos dois filtros. Na Tabela 1 estão apresentados os teores de sólidos totais, fixos, voláteis, dissolvidos e suspensos, em mg L^{-1} , a montante do conjunto de filtros (afluente) e à jusante dos filtros (efluente), em quatro avaliações entre 20 de abril e 22 de maio de 2005, e na Tabela 2 estão apresentados os teores de DBO em cada data e em cada posição. A eficiência de remoção de DBO pelo conjunto de filtros foi obtida pela diferença entre os teores no afluente e no efluente, dividida pelos teores no afluente, em porcentagem.

Tabela 1. Média dos Valores de três repetições de sólidos totais, fixos, voláteis, dissolvidos e suspensos, em mg L^{-1} , a montante (afluente) e à jusante (efluente) do conjunto de filtros em cada data.

Data	Posição	Sólidos Totais	Sólidos Fixos	Sólidos Voláteis	Sólidos Dissolvidos	Sólidos Suspensos
		mg L^{-1}				
Fev./05	Afluente	694	451	243	574	120
	Efluente	536	440	96	524	12
Mar./05	Afluente	627	489	138	531	96
	Efluente	495	258	237	481	14
Abr./05	Afluente	631	513	118	421	210
	Efluente	434	378	56	406	28
Maio/05	Afluente	589	245	344	411	178
	Efluente	381	232	149	367	14

Tabela 2. Teores de DBO na água residuária a montante do conjunto de filtros e à jusante do conjunto de filtros, em mg L^{-1} , e eficiência de remoção, em porcentagem.

Posição	Data					Média
	26/3/2005	13/4/2005	20/4/2005	27/4/2005	4/5/2005	
Afluente	308,19	385,16	446,88	384,56	321,49	369,26
Efluente	104,35	217,00	135,00	126,37	144,70	146,45
Eficiência	66,14	43,66	69,79	67,14	54,99	60,34

A eficiência de remoção de sólidos suspensos média do conjunto foi 88,6%. Como o objetivo da instalação do conjunto de filtros no início do conjunto de irrigação foi, principalmente, a remoção de sólidos suspensos, que poderiam obstruir os gotejadores, os sólidos suspensos que atravessaram pelo filtro de disco proporcionaram um teor de sólidos na faixa de 12 e 28 mg L^{-1} e não apresentaram nenhum grau de restrição ao uso quanto a problemas de obstrução dos emissores.

O aporte médio de matéria orgânica pela água residuária, estimada pela DBO, foi de 146,45 em mg L^{-1} , variando de 104,35 a 217,00 em mg L^{-1} (Tabela 2). Esses valores refletem a grande variabilidade da concentração de matéria orgânica na água residuária. Sendo assim, não é possível analisar os teores

obtidos como sendo médias mensais, uma vez que foram obtidos de amostras pontuais, em um único dia, enquanto os teores mensais de nutrientes foram estimados a partir de amostras compostas por alíquotas coletadas diariamente e armazenadas em freezer.

Considerando-se a simplicidade do conjunto de filtros e que ele é necessário em irrigação por gotejamento, qualquer que seja a água utilizada, e que há continuação do tratamento no solo, a eficiência de remoção de DBO foi bastante satisfatória.

O solo da área experimental 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. O relevo da área experimental é do tipo acidentado. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwb, mesotérmico, com verões chuvosos e invernos frios e secos.

O sistema de aplicação por gotejamento possibilitou a aplicação do efluente em uma área cultivada com cafeeiros da variedade Catuaí, cujo espaçamento é de 2,5 m entre as linhas de plantio e 0,75 m entre as plantas, com quatro anos de idade.

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados com três repetições. Os manejos adotados foram: testemunha (T), solo sem irrigação com adubação e calagem apenas no início do experimento; manejo convencional (MC), solo recebendo aplicação de água doce e adubação convencional; e manejo com água residuária (MR), solo com aplicação de esgoto doméstico tratado.

Realizaram-se a calagem e 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 (RIBEIRO et al., 1999). A calagem foi realizada com base no método da neutralização do Al^{3+} e da elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , aplicando-se, de uma só vez, em novembro de 2003, 1.290 kg ha^{-1} de calcário PRNT 65%, com 30% de CaO e 12% de MgO, em linha contínua, abaixo da saia do cafeeiro.

Na adubação convencional foram aplicados, em dezembro de 2003, 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 , tomando-se por base as concentrações de P disponível no solo e a de P-remanescente, considerando-se produtividade de 31 a 40 sc ha^{-1} , e, em dezembro de 2004, 63 kg ha^{-1} , considerando-se produtividade acima de 50 sc ha^{-1} . A fonte de P_2O_5 utilizada foi o superfosfato simples, aplicado de uma só vez. As adubações com N e K^+ foram realizadas, aplicando-se 150 kg ha^{-1} de N e

150 kg ha⁻¹ de K₂O no ano 1, com base na concentração de N nas folhas e na concentração de K⁺ no solo. A aplicação desses nutrientes foi realizada sob a saia do cafeeiro e parcelada em duas vezes, com intervalo de 30 dias (12/2003 e 1/2004). No ano 2, foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de N e 400 kg ha⁻¹ de K₂O, também parcelados em duas vezes (12/2004 e 1/2005). A fonte de N utilizada foi o sulfato de amônio e a de K, o cloreto de potássio.

A aplicação de água doce no manejo convencional (MC) foi conduzida com base na evapotranspiração do cafeeiro. Para tal, instalou-se uma estação climatológica na área experimental, para monitoramento das condições climáticas. No final do experimento, após 540 dias, a lâmina acumulada foi de 341 mm.

No manejo com água residuária (MR), adotou-se o critério proposto por Medeiros et al. (2005) com frequência de aplicação diária do esgoto doméstico tratado, exceto aos sábados e domingos. A lâmina acumulada totalizou 743 mm, ao final do experimento. Apresenta-se, na Tabela 3, o aporte de nutrientes no manejo com água residuária (MR) pelo esgoto doméstico tratado, acumulado durante 18 meses de aplicação.

A diferença entre as lâminas no manejo MR em relação à MC foi realizada com a função que pode ocasionar alterações nas características físicas do solo fertirrigado com esgoto doméstico tratado.

Tabela 3. Aporte dos nutrientes fósforo (P), potássio (K), nitrogênio (N), sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelo esgoto doméstico tratado no manejo com água residuária (MR).

Lâmina (mm)	P	K	N	Na	Ca	Mg
	(kg ha ⁻¹)					
743	64,08	287,8	259,12	286,38	104,32	27,84

Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m. No Laboratório de Física do Solo, do Departamento da UFV, foram determinadas as características físicas do solo: massa específica, microporosidade, macroporosidade, capacidade de campo, ponto de murcha e condutividade hidráulica em meio saturado. A massa específica do solo foi obtida por meio do método do anel de Kopecky descrito pela Embrapa (1997). A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão, enquanto a macroporosidade foi obtida por fórmula descrita pela Embrapa (1997). A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foram determinados pelo método do extrator de Richards, para amostra de solo com estrutura deformada, empregando-se as tensões de

33 e 1.500 kPa. A condutividade hidráulica em meio saturado foi obtida pelo método do permeâmetro de carga constante, conforme a metodologia de Klute, apresentada pela Embrapa (1997), usando-se água destilada e uma solução eletrolítica de cloreto de cálcio, CaCl₂ (0,5 mmol L⁻¹). O intervalo entre amostragens para avaliação das alterações físicas do solo foi de 18 meses, realizando-se uma avaliação inicial e outra ao final do experimento. Na Tabela 4 estão apresentadas as características físicas iniciais do solo da área experimental.

Para a análise estatística, utilizou-se o software Saeg 5.0 (FUNARBE, 1993). Os valores das características físicas do solo nos manejos testemunha (T), convencional (MC) e com água residuária (MR) foram comparadas entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

Resultados e discussão

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias de massa específica do solo, microporosidade, macroporosidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e condutividade hidráulica em meio saturado, a 20°C, em três faixas de profundidade para os manejos: testemunha (T), manejo convencional (MC) e manejo com água residuária (MR). Verifica-se, nessa tabela, que o maior volume de efluente aplicado no MR causou alteração significativa em algumas características do solo tais como massa específica do solo (camada 0 a 0,20 m), macroporosidade (camadas 0 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m) e condutividade hidráulica em meio saturado (camada 0,40 a 0,60 m).

Percebe-se na primeira camada, 0 a 0,20 m, que não houve diferença significativa entre o manejo com água residuária (MR) e o manejo convencional (MC) das características avaliadas exceto a macroporosidade, e que ambos os manejos apresentaram massa específica do solo e microporosidade superior à testemunha (T). Por outro lado, apresentaram macroporosidade inferior à testemunha (T). A condutividade hidráulica no manejo com água residuária (MR) foi inferior à da testemunha (T), mas não difere estatisticamente da condutividade hidráulica no manejo convencional (MC). Não houve diferença estatística entre os tratamentos para a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, porém, numericamente, já se percebe que tanto o manejo com água residuária (MR) quanto o manejo convencional (MC) apresentaram valores superiores aos da testemunha (T), influência do aumento da microporosidade.

Tabela 4. Características físicas iniciais do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Ds	Dp	K _o (20°C)	Areia		Silte	Argila	Tensão de Água no Solo (kPa)				
				grossa	finas			10	30	100	500	1500
				g cm ⁻³	cm h ⁻¹			T _{cor} de água (kg kg ⁻¹)				
0 a 0,20	1,29	2,65	4,91	27	14	8	51	0,339	0,280	0,216	0,203	0,184
0,20 a 0,40	1,37	2,68	3,72	26	12	9	53	0,310	0,260	0,201	0,198	0,181
0,40 a 0,60	1,34	2,69	2,68	21	11	7	61	0,319	0,291	0,228	0,220	0,203

D_s = densidade do solo; D_p = densidade de partícula; K_o = condutividade hidráulica em meio saturado.

Tabela 5. Médias de massa específica do solo (ρ_s), microporosidade (μ), macroporosidade (ϵ), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PM) e condutividade hidráulica em meio saturado, a 20°C (K_o), em três faixas de profundidade e diferentes manejos.

Características	Unidade	Faixas de Profundidade								
		0 – 0,20 m			0,20 – 0,40 m			0,40 – 0,60 m		
		Manejo	Média	Teste	Manejo	Média	Teste	Manejo	Média	Teste
ρ_s	g cm ⁻³	MR	1,353	a	MR	1,378	a	MC	1,421	a
		MC	1,311	a	MC	1,244	b	MR	1,352	a
		T	1,139	b	T	1,125	b	T	1,230	b
μ	cm ³ cm ⁻³	MC	0,366	a	MR	0,379	a	MC	0,385	a
		MR	0,342	a	MC	0,366	a b	MR	0,382	a
		T	0,273	b	T	0,312	b	T	0,340	a
ϵ	cm ³ cm ⁻³	T	0,297	a	T	0,264	a	T	0,196	a
		MR	0,148	b	MC	0,165	b	MR	0,108	b
		MC	0,139	b	MR	0,101	b	MC	0,080	b
CC	cm ³ cm ⁻³	MC	0,330	a	MR	0,359	a	MR	0,369	a
		MR	0,324	a	MC	0,347	a b	MC	0,366	a
		T	0,267	a	T	0,290	b	T	0,338	a
PM	cm ³ cm ⁻³	MC	0,222	a	MR	0,238	a	MR	0,249	a
		MR	0,211	a	MC	0,219	a b	MC	0,232	a
		T	0,178	a	T	0,184	b	T	0,229	a
K _o	cm h ⁻¹	T	9,938	a	T	6,878	a	T	4,115	a
		MC	7,113	a b	MC	4,783	a	MC	0,834	b
		MR	3,852	b	MR	0,836	b	MR	0,768	b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Na faixa de 0,20 a 0,40 m, o manejo com água residuária (MR) apresentou massa específica do solo superior à do manejo convencional (MC) e à da testemunha (T); ainda no manejo com água residuária (MR) a microporosidade, a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente foram superiores aos da testemunha (T), porém não apresentou diferença significativa em relação ao manejo convencional (MC) para as mesmas características; a macroporosidade no manejo com água residuária (MR) e no manejo convencional (MC) foram estatisticamente superiores a da testemunha (T); e a condutividade hidráulica no manejo com água residuária (MR) foi inferior à do manejo convencional (MC) e da testemunha (T). As elevadas concentrações de sólidos suspensos presentes nas águas residuárias podem reduzir a permeabilidade, alterar a retenção de água, diminuir a quantidade de macroporos e aumentar a microporosidade, influenciando a condutividade hidráulica do solo saturado. Enquanto, as altas concentrações de matéria orgânica presentes nas águas residuárias podem reduzir a massa específica do solo.

Na faixa de 0,40 a 0,60 m, o manejo com água residuária (MR) e o manejo convencional (MC) apresentaram massa específica do solo superior e macroporosidade e condutividade hidráulica

inferiores à testemunha (T); não houve diferença estatística entre os manejos para microporosidade, capacidade de campo e ponto de murcha permanente.

A argila dispersa em água é uma característica física do solo, que busca averiguar possível consequência prejudicial ao solo, proporcionada pela elevada concentração de sódio presente na água e efluente. Provavelmente, o aumento da argila dispersa em água, tanto no manejo com água residuária (MR) quanto no manejo convencional (MC), causou a diminuição dos macroporos pela deposição de argila que, consequentemente, aumentou a massa específica do solo, a microporosidade e a capacidade de campo; e diminuição da macroporosidade e da condutividade hidráulica, em relação à testemunha (T). Esta situação mais crítica no manejo com água residuária (MR), na maioria dos casos, é pela maior porcentagem de argila dispersa em água observada neste manejo.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se:

- tanto o manejo convencional (MC) quanto o manejo com água residuária (MR) aumentaram a massa específica do solo, sendo esse aumento maior no manejo com água residuária (MR);

- ambos os manejos aumentaram a microporosidade e a capacidade de campo e diminuíram a macroporosidade e a condutividade hidráulica do solo.

Referências

- BALKS, M. R.; MCLAY, C. D. A.; HARFOOT, C. G. Determination of the progression in soil microbial response, and changes in soil permeability, following application of meat processing effluent to soil. **Applied Soil Ecology**, v. 6, n. 2, p. 109-116, 1997.
- BOND, W. J. Effluent irrigation: an environmental challenge for soil science. **Australian Journal of Soil Research**, v. 36, n. 4, p. 543-555, 1998.
- COOK, F. J.; KELLIHER, F. M.; MCMAHON, S. D. Changes in infiltration during wastewater irrigation of a highly permeable soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 23, n. 3, p. 476-482, 1994.
- FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Sources, treatment, processes and uses of sewage effluent. In: FEIGIN, A.; RAVINA, I. SHALHEVET, J. (Ed.). **Irrigation with treated sewage effluent**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. cap. 2, p. 3-33.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- FUNARBE. **SAEG**: sistema para análises estatísticas – versão 5.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 1993.
- GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M. V.; GLOAGUEN, T. V.; LIBARDI, P. L.; MONTES, C. R.; LUCAS, Y. Y. Método alternativo para determinar a condutividade hidráulica em solo irrigado com águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, supl., p. 1-5, 2005.
- JNAD, I.; LESIKAR, B.; KENIMER, A.; SABBAGH, G. Subsurface drip dispersal of residential effluent: II. Soil hydraulic characteristics. **Transactions of the ASAE**, v. 44, n. 5, p. 1159-1165, 2001.
- LEON SUEMATSU, G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999.
- 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.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. **Recomendações para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

Received on October 5, 2008.

Accepted on August 31, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.