

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE CRIATÓRIOS DE ANIMAIS NO SOLO: ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS

Marisa Senra Condé¹, Bruno Grossi Costa Homem¹, Onofre Barroca de Almeida Neto², Alberto Magno Ferreira Santiago³

RESUMO – Objetivou-se avaliar o panorama geral da utilização de águas residuárias dos criatórios de animais aplicadas ao solo, focalizando as vantagens e limitações quanto a seu uso. A criação intensiva de animais gera uma grande quantidade de resíduos ricos em nutrientes que, por estarem disponíveis nas propriedades rurais a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais. Porém, quando usados de forma indiscriminada e sem critérios agronômicos, podem constituir-se em fator negativo e levar à degradação da estrutura do solo e causar sérios riscos ambientais. O estado de baixa fertilidade do solo tem sido motivo de preocupação, devido ao manejo inadequado que gera degradação da matéria orgânica e consequentemente perda de algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, acelerando o processo de erosão e diminuindo a produtividade. Com a aplicação do resíduo as plantas tendem a se mostrar mais vigorosas, com maior porcentagem de cobertura, maior produtividade e melhor desenvolvimento do sistema radicular, além do benefício agrícola gerado pela melhoria nas condições químicas, físicas e biológicas do solo.

Palavras-chave: Adubação orgânica, águas residuárias, dejetos de animais, disposição.

EFFECT OF APPLICATION OF ANIMAL WASTEWATER IN SOIL: CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES

ABSTRACT – *The objective of this work was to review the application of livestock wastewater in soil, focusing on the advantages and limitations on its use. The intensive animal production systems generate a huge amount of waste, which are rich in nutrients and available for rural properties at low cost, which can be used by producers in the fertilization of crops. However, when used indiscriminately and without agronomic criteria, it may constitute a negative factor triggering degradation of soil structure and causing serious environmental hazards. Low fertility of soil has been a concern, because inadequate soil management causes organic matter degradation and affects physical, chemical and biological properties, accelerating the process of erosion and decreasing productivity. Application of wastewater in soil makes plants to be more vigorous, increasing soil coverage, plant productivity, and root development. Also, agricultural benefits of this practice include improvement of chemical, physical and biological soil characteristics.*

Key Words: Animal waste, disposal, organic fertilizer, wastewater.

1. INTRODUÇÃO

O uso de águas residuárias para fertirrigação não é uma novidade. Erthal (2008) afirma que existem relatos da utilização de efluentes de animais na agricultura

na Grécia Antiga e na civilização de Minan (3.000 AC a 1.000 DC). A aplicação de águas residuárias ao solo como meio de disposição final dessas águas teve notável avanço nas décadas de 50 e 60, quando o interesse pela qualidade dos efluentes tratados mereceu grande

¹ Estudantes de Zootecnia, IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba; marisa.senra@yahoo.com.br; grossizoo@hotmail.com

² Professor Doutor do Departamento de Agricultura e Ambiente do IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba; onofre.neto@ifsudestemg.edu.br

³ Professor Mestre do Departamento de Zootecnia do IF Sudeste MG - Campus Rio Pomba; alberto.santiago@ifsudestemg.edu.br



atenção por parte dos órgãos responsáveis pela preservação ambiental (Erthal, 2008).

Já durante a década de 70, iniciaram-se os debates sobre a relação entre o desenvolvimento econômico e industrial com o meio ambiente. O modelo econômico desenvolveu-se considerando o meio ambiente simplesmente como fonte de recursos e receptor dos dejetos e subprodutos sem valor comercial. Essa visão acabou por gerar diversos problemas ambientais, fazendo-se necessário o desenvolvimento de estudos e de técnicas que avaliassem os impactos ambientais causados pelas atividades produtivas (Oliveira, 2006).

Com a adoção do sistema de confinamento na produção de animais, surgiu o grande problema da produção excessiva de dejetos, o qual, aliado aos inadequados sistemas de manejo e de armazenamento, levou ao lançamento em rios e cursos d'água naturais. Esse lançamento inadequado dos dejetos pode levar a sérios desequilíbrios ecológicos, poluindo-se os rios e mananciais, em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, devido à demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Oliveira, 1993).

Dessa maneira, a disposição no solo tornou-se alternativa efetiva em relação à prática de descarregar os efluentes diretamente em corpos de água superficial (Asano, 1998). A utilização de águas residuárias tratadas ou parcialmente tratadas na fertirrigação de culturas agrícolas e florestais, ao invés de descarregá-las em cursos de água, tem-se tornado alternativa promissora, além da rápida e recente expansão (Balks et al., 1998). Dentre as razões para esta expansão, destacam-se: (i) em regiões áridas e semiáridas, as águas residuárias têm sido fonte suplementar de água para a sustentabilidade da agricultura irrigada (Al-Jaloud et al., 1995); (ii) as águas residuárias não somente ajudam a economizar águas superficiais, como também sua disposição no solo implica em reciclagem, e poluentes tornam-se nutrientes para as plantas (Vazquez-Montiel et al., 1996); e (iii) a irrigação é relativamente flexível quanto ao requerimento de qualidade da água.

O objetivo desta revisão é avaliar o panorama geral da utilização de águas residuárias dos criatórios de animais aplicadas ao solo, focalizando as vantagens e limitações quanto ao seu uso.

2. MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO NO CONTEXTO ATUAL

O solo é o meio principal para o crescimento das plantas, sendo uma camada de material biologicamente ativo, resultante de transformações complexas que envolvem o intemperismo de rochas e minerais, a ciclagem de nutrientes e a produção e decomposição de biomassa. Uma condição ideal de fertilidade do solo é fundamental para garantir a capacidade produtiva dos agroecossistemas, e a qualidade do solo é importante também para a preservação de outros serviços ambientais essenciais, incluindo o fluxo e a qualidade da água, a biodiversidade e o equilíbrio de gases atmosféricos (Novais et al., 2007).

A presença de nutrientes é um dos aspectos fundamentais que garantem a boa qualidade dos solos e o seu bom uso e manejo, principalmente no caso de agroecossistemas. Em ecossistemas nativos, a ciclagem natural de nutrientes é a grande responsável pela manutenção do bom funcionamento do solo e do ecossistema como um todo. Essa ciclagem é fundamental para manter o estoque de nutrientes nos ecossistemas naturais, evitando-se a perda da fertilidade natural do solo (WRI, 2000).

Assim, a baixa fertilidade dos solos pode ter tanto causas naturais quanto antrópicas. Como causas naturais, destacam-se a gênese do solo e o intemperismo como principais fatores causadores da baixa fertilidade, particularmente em grande parte das regiões tropicais e subtropicais, onde a remoção de nutrientes do solo é mais acelerada, em razão das condições de altas temperaturas e precipitações pluviais. O fato de o Brasil possuir grandes extensões de terra com problemas de fertilidade relacionados com a alta acidez e toxidez por alumínio, além de alta capacidade de fixação de fósforo, é, em grande parte, consequência de sua localização na região tropical (Novais et al., 2007).

Já as causas antrópicas, provocadas pelo manejo inadequado, também podem ser causadoras da baixa fertilidade dos solos. Uma dessas causas é a exaustão de nutrientes provocadas pela retirada das culturas, maiores que pelas adições via adubação. Estimativas diversas neste sentido revelam que o déficit anual médio de nutrientes no Brasil encontra-se entre 25 e 35 kg ha⁻¹ de N + P₂O₅ + K₂O, ou seja, o estoque de nutrientes do solo está se esgotando ano após ano. Isso pode levar até mesmo solos anteriormente considerados férteis



a se tornarem não férteis, tendo, assim, sua capacidade produtiva prejudicada. Um levantamento do International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), atualmente World Soil Information, estima que cerca de 240 milhões de hectares de solos no mundo (área equivalente à região dos Cerrados brasileiros) estão comprometidos, no que diz respeito à sua integridade química que está ligada, dentre outros fatores, à deficiência de nutrientes, a qual representa a maior causa de degradação química dos solos no mundo, atingindo cerca de 136 milhões de hectares (dos quais 68 milhões de hectares localizam-se na América do Sul) (Oldeman et al., 1991).

Neste sentido, vale lembrar que a exaustão de nutrientes dos solos também é causa de erosão, visto que reduz a cobertura vegetal e, com isso, a resistência do solo a esse fenômeno. A erosão atinge cerca de 13% da superfície do planeta, segundo estudos do World Soil Information, afetando cerca de 1,65 bilhão de hectares de terra que se encontram degradados em todo o mundo (Oldeman, 2000). O pior aspecto da queda de fertilidade do solo causada pela erosão é que, ao contrário da exaustão causada por extração de nutrientes em taxa maior que a reposição, ou da baixa fertilidade por causas naturais, naquele caso as áreas não podem ser recuperadas de maneira simples. Com a erosão, a recuperação se torna difícil ou até mesmo um dano irreparável à capacidade produtiva do solo (Oldeman, 2000).

Neste contexto, é fundamental a avaliação da fertilidade, que tem por objetivo quantificar a capacidade dos solos suprirem nutrientes para o ótimo crescimento e desenvolvimento das plantas. Apesar de, em termos objetivos, buscar-se quantificar a disponibilidade dos nutrientes, a avaliação da fertilidade tem um enfoque mais amplo (Sims, 1999).

Em uma visão atual, a avaliação da fertilidade do solo ultrapassa os limites da produção agrícola, sendo fundamental para o futuro da produção global, quer na identificação de novas áreas com potencial para serem incorporadas aos sistemas produtivos, quer no aumento da produtividade das áreas já em uso. Nessas condições, a produtividade máxima nem sempre é o foco, mas sim a estabilidade da cobertura vegetal, o aumento da atividade microbiana para a degradação de contaminantes orgânicos e a fitorremediação para mitigação de contaminantes inorgânicos e metais pesados (Novais et al., 2007).

3. REFLEXOS DA APLICAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO SOLO

Com a baixa fertilidade dos solos brasileiros, o incremento da produtividade da cultura se torna cada vez mais dependente do uso de fertilizantes (orgânicos e minerais). A principal vantagem do adubo mineral é a rápida resposta das plantas, visto que apresentam desenvolvimento acelerado em razão de suas necessidades imediatas serem atendidas. O adubo orgânico, termo utilizado para os adubos não minerais, é o fertilizante mais tradicional na história da agricultura (D' Andréa, 2001). A utilização do adubo orgânico em relação à aplicação de fertilizantes minerais é significativa, principalmente pela liberação gradual. Se os nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os fertilizantes minerais, podem ser perdidos por volatilização (em especial o N), fixação (P) ou lixiviação (principalmente o K) (Severino et al., 2004).

Souto et al. (2005) afirmam que com o aumento dos custos com adubação mineral, os produtores passaram a ter uma nova visão sobre a adubação orgânica, dando importância à utilização deste material como agente modificador das condições físicas, químicas e biológicas do solo, tornando o sistema mais sustentável.

A disposição final de resíduos orgânicos e águas residuárias no solo vem sendo considerada prática de manejo com vistas à proteção ambiental. O solo apresenta grande capacidade de decompor ou inativar materiais potencialmente prejudiciais ao ambiente, por meio de reações químicas e da multiplicidade de processos microbiológicos. Os íons e compostos podem ser inativados por reações de adsorção, complexação e precipitação; já os microrganismos presentes no solo podem decompor os mais diversos materiais orgânicos, desdobrando-os em compostos menos tóxicos ou atóxicos (Costa et al., 2004).

Os efeitos da aplicação de águas residuárias nas propriedades físicas e químicas do solo só se manifestam após longo período de aplicação e dependem das características do solo e do clima. A severidade de algum problema acometido ao solo pela aplicação de águas residuárias pode variar de acordo com o tempo de aplicação, composição e quantidade aplicada. O tipo de solo e a capacidade de extração das plantas também são fatores que influenciam nas consequências da aplicação da água.



As principais alterações descritas para os solos fertirrigados com águas residuárias se resumem aos efeitos sobre carbono e nitrogênio totais, atividade microbiana e N-mineral, cálcio e magnésio trocáveis, salinidade, sodicidade e dispersão de argilas (Fonseca et al., 2007).

3.1. Vantagens da utilização das águas residuárias de criatórios de animais

A matéria orgânica do solo consiste em resíduos de plantas e animais em diferentes fases de decomposição. Em solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem um importante papel na produtividade, pois domina a reserva de nutrientes como N, P, S, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ (Zech et al., 1997). A manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação (Bayer & Mielniczuk, 1999).

Como as águas residuárias de animais apresentam elevado teor de matéria orgânica, destacam-se as seguintes vantagens: melhoria na estrutura do solo, facilitando a penetração das raízes; redução à plasticidade e coesão; aumento da capacidade de retenção de água; minimização da variação da temperatura do solo; aumento da CTC (capacidade de troca catiônica) fornecendo nutrientes para a planta; aumento do poder tampão do solo; diminuição da densidade aparente e aumento da porosidade (Tamanini, 2004).

Assim, os resíduos orgânicos apresentam grande importância no fornecimento de nutrientes às culturas. Matos (2008) cita uma série de vantagens para a disposição de águas residuárias no solo, destacando-se: o benefício agrícola gerado pela melhoria nas condições químicas, físicas e biológicas do solo; os baixos custos fixos e operacionais das unidades de tratamento; o baixo consumo de energia, além de se evitar o lançamento de efluentes em corpos d' água.

Queiroz et al. (2004) utilizando águas residuárias de suínos (ARS), criados em regime de confinamento total, sendo a água composta pela mistura de fezes e urina dos animais e de outros materiais provenientes do processo criatório (água desperdiçada nos bebedouros, água de higienização, restos de alimentos, pelos e poeira) obtiveram aumento na soma de bases (SB) e na CTC do solo. Já Erthal et al. (2010), utilizando água residuária de bovinos leiteiros, criados em confinamento (free-stall), verificaram aumento tanto

na CTC quanto na saturação por bases (V). De acordo com esses mesmos autores, os aumentos na CTC e V com a aplicação de águas residuárias são atribuídos à alta concentração de íons e aos colóides orgânicos presentes nos efluentes.

Em relação ao Ca^{2+} e Mg^{2+} , Erthal et al. (2010) mostraram que, com a utilização de águas residuárias, os mesmos aumentaram com o tempo de aplicação; tal fato pode ser devido à intensa liberação destes íons com a mineralização da matéria orgânica no solo.

Os resultados de pesquisas envolvendo o K^+ em águas residuárias são, às vezes, contraditórios. Johns & McConchie (1994) não notaram alteração no teor deste íon no solo ao aplicarem efluente secundário de esgoto doméstico na fertirrigação de bananeiras, embora se deva ressaltar que o esgoto doméstico é fonte insuficiente de K para a cultura da bananeira; por outro lado, incrementos na concentração de K^+ foram observados em solos com exploração florestal (Cromer et al., 1984; Falkiner & Smith, 1997), cultivados com berinjela (Al-Nakshabandi et al., 1997), gramíneas (Queiroz et al., 2004) e cafeeiro (Medeiros et al., 2005), quando da aplicação de águas residuárias de suínos e esgoto doméstico.

Prior (2008) e Berwanger (2006) verificaram aumento na concentração de fósforo no solo em função do aumento da aplicação de taxas de ARS. O comportamento também foi observado por Queiroz et al. (2004), ao notarem aumento no teor de P disponível em relação à condição inicial, com a aplicação dos dejetos, indicando um acúmulo desse macronutriente no solo. Ceretta et al. (2003) também verificaram que o teor de fósforo disponível no solo aumentou consideravelmente com a aplicação de ARS, ao longo do tempo.

O fósforo contido nas águas residuárias é lentamente disponibilizado com a degradação do material orgânico, tornando-se menos sujeito às reações de adsorção e fixação pelos óxidos de ferro e alumínio presentes no solo (Scherer & Baldisera, 1994). Esse é um aspecto altamente positivo da aplicação de águas residuárias no solo, pois, na maioria das regiões de clima tropical, o fósforo aplicado na forma mineral solúvel pode ser fortemente fixado pelos referidos óxidos e hidróxidos presentes, não permanecendo disponível para as plantas. Resultados de Eghball et al. (1996) e Mozzaffari & Sims (1994) permitiram observar maior movimentação do P no perfil do solo que recebeu dejetos em comparação



com o adubo mineral, atribuindo esse fato à movimentação do P na forma orgânica.

Se bem planejada, a disposição de águas residuárias no sistema solo-planta poderá trazer benefícios, tais como fonte de nutrientes e água para as plantas, redução do uso de fertilizantes e de seu potencial poluidor, além da vantagem do solo apresentar grande capacidade de decompor ou inativar materiais potencialmente prejudiciais ao ambiente, através de reações químicas e por processos microbiológicos. Com isso, os efluentes de animais, apesar de apresentarem elevado potencial poluidor, podem se tornar alternativa econômica para a propriedade rural, se manejados adequadamente sem comprometer a qualidade ambiental.

3.2. Limitações quanto ao uso

O uso continuado e, ou, excessivo dos efluentes pode causar danos ambientais, destacando-se a poluição do solo, da água e do ar, além de perdas de produtividade e qualidade de produção.

De acordo com Léon et al. (1999), mesmo quando as vantagens justificam amplamente o uso dessas águas, existem várias restrições ou riscos potenciais que devem ser considerados, dentre os quais se destacam: a contaminação microbiológica dos produtos, a bioacumulação de elementos tóxicos, a salinização e impermeabilização do solo e o desequilíbrio de nutrientes do solo.

A presença de alguns constituintes nos efluentes, como o sódio (Na^+) em grande concentração e metais pesados, é indesejável. O teor de sódio em solos agrícolas pode aumentar com a adição de efluente, alterando certas características físicas do solo, devido à dispersão de argilas e características químicas, influenciando direta ou indiretamente o desenvolvimento das plantas (Feigin et al., 1991).

Em geral, as concentrações de Na^+ e o índice de saturação por sódio (ISNa) são elevadas após a aplicação de águas residuárias, principalmente nas camadas superficiais (Cromer et al., 1984). Tem-se observado esses acréscimos em solos cultivados tanto com culturas florestais (Feigin et al., 1991; Bond, 1998) quanto em estudos de curta e longa duração (Quin & Woods, 1978; Balks et al., 1998; Fonseca et al., 2005).

A solução do solo, quando excessivamente sódica, promove a desagregação e dispersão dos minerais

de argila em partículas muito pequenas, que obstruem os poros do solo. Mediante as sucessivas irrigações, forma-se uma camada superficial selada, o que reduz a infiltração no solo e aumenta os riscos de erodibilidade do solo (Lal & Stewart, 1994). A consequência direta da redução da infiltração sobre as culturas torna-se evidente quando a água de irrigação não consegue atravessar a superfície do solo em taxa suficiente para permitir a renovação da água consumida pelas culturas, entre duas irrigações, originando um déficit hídrico que resultará em perda de produtividade da cultura.

Segundo Pizarro (1990), os sais solúveis contidos nas águas de irrigação podem, em certas condições climáticas, salinizar o solo e modificar a composição iônica no complexo sortivo, alterando as características físicas e químicas do solo, como regime de água, aeração, nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetativo e a produtividade.

Aumentos na condutividade elétrica da solução do solo após a aplicação de águas residuárias de animais têm sido relatados em áreas cultivadas com culturas anuais (Al-Nakshabandi et al., 1997), em pastagens (Bond, 1998) e em sistemas florestais (Speir et al., 1999); todavia, as concentrações salinas mais elevadas têm sido verificadas na camada mais superficial do solo (Speir et al., 1999).

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 (Ayers & Westcot 1999). Outro fator importante para se observar é a presença de metais pesados na água residuária. Os metais pesados não apenas exercem efeitos negativos sobre o crescimento das plantas, mas também afetam os processos bioquímicos que ocorrem no solo.

Devido a esses aspectos, é de extrema importância a caracterização das águas residuárias, tanto para se verificar sua composição química, quanto para se definir que quantidade deve ser aplicada sem acarretar nenhum problema ao sistema solo-planta. As doses de aplicação de águas residuárias na agricultura devem ser definidas quando se toma o elemento químico contido em maior concentração relativa, o que define a dose agronomicamente recomendável (Matos, 2008).



4. CONCLUSÕES

A utilização dos resíduos orgânicos assume grande importância nos dias atuais, devido a sua potencialidade de reduzir custos de produção e minimizar impactos ambientais.

No resíduo animal são encontrados diversos nutrientes necessários às plantas (nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes) e, no caso de ser utilizado como fertilizante orgânico, uma série de nutrientes estarão prontamente disponíveis, ou após o processo de mineralização poderão ser absorvidos pelas plantas da mesma forma que aqueles industrializados, de origem mineral.

Os resíduos orgânicos podem ser vistos como um complemento da adubação, proporcionando melhor desenvolvimento da planta e consequentemente aumento da produtividade das culturas.

Se os resíduos orgânicos forem usados de forma indiscriminada e sem critérios agrônômicos, podem constituir-se em fator negativo, podendo levar a uma degradação da estrutura do solo e a sérios riscos ambientais.

5. LITERATURA CITADA

- AL-JALOUD, A.A.; HUSSAIN, G.; AL-SAATI, A.J. et al. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants in a pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1677-1692, 1995.
- AL-NAKSHABANDI, G.A.; SAQQAR, M.M.; SHATANAWI, M.R. et al. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, v.34, p.81-94, 1997.
- ASANO, T. **Wastewater Reclamation And Reuse**. In: Water Quality Management Library, Volume 10, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania, 1998.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPb, 1999. 153p.
- BALKS, M.R.; BOND, W.J.; SMITH, C.J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under an effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p.821-830, 1998.
- BAYER, C.; MIEINICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica: In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo nos ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Geneses, 1999. p.27-40.
- BERWANGER, A.L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquido de suínos**. Santa Maria: UFSM, 2006. 102p. Dissertação Mestrado.
- BOND, W.J. Effluent irrigation – an environmental challenge for soil science. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p.543-555, 1998.
- CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.729-735, 2003.
- COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A. et al. Calagem e as propriedades eletroquímicas e físicas de um latossolo em plantio direto. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.34, n.1, p.281-284, jan./fev. 2004.
- CROMER, R.N.; TOMPKINS, D.; BARR, N.J. et al. Irrigation of monterey pines with wastewater: Effect on soil chemistry and groundwater composition. **Journal of Environmental Quality**, v.13, p.539-542, 1984.
- D'ANDRÉA, P.A. **Biofertilizantes biodinâmicos na nutrição e proteção de hortaliças**. HORTOBIO, Piracicaba: Agroecológica, 2001.
- EGHBALL, B.; BINFORD, G.D. & BALTENSPERGER, D.D. Phosphorus movement and adsorption in a soil receiving long-term manure and fertilizer application. **Journal of Environmental Quality**, v.25, p.1339-1343, 1996.
- ERTHAL, V.J.T. **Fertirrigação de capim-Tifton 85 e a aveia preta com águas residuárias de bovinocultura: efeitos no solo e nas plantas** (tese de Doutorado), UFV: Viçosa MG, 2008. 96p.



- ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467-477, 2010.
- FALKINER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soil chemistry in effluent- irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.
- FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection**. Berlim: Springer-Verlag, 1991. 224p.
- FONSECA, A.F.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. Soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron and heavy metals availability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, p.1983-2003, 2005.
- FONSECA, A.F.; HERPIM, U.; PAULA, A.M. et al. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agrícola**, v.64, n.2, p.194-209, 2007.
- JOHNS, G.G.; MCCONCHIE, D.M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.1619-1638, 1994.
- LAL, R.; STEWART, B.A. **Soil processes and water quality**. Boca Raton: Flórida: Lewis Publishers, 1994. 398p.
- LÉON, S.G.; MOSCOSO CAVALINI, J. Tradução de GHEIY, H.R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B.S.O. et al. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande, UFPB, 1999. 110p.
- MATOS, A.T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: Flávio Meira Borém (Org.). **Pós-colheita do café**. 1 ed. Lavras-MG: Editora UFLA, 2008. p.159-201.
- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A. et al. 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.
- MOZAFFARI, M.; SIMS, T.S. Phosphorus availability and sorption in an Atlantic coastal plain watershed dominated by animal based agriculture. **Soil Science**, v.157, p.97-107, 1994.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- OLDEMAN, L.R.; HAKKELING, R.T.A.; SOMBROEK, W.G. **World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note**. 2 ed. Nairobi, International Soil Reference and Information Centre, United Nations Environment Programme, Global Assessment of Soil Degradation GLASOD, 1991. 35p.
- OLDEMAN, L.R. **Impact of soil degradation: a global scenario**. Wageningen: ISRIC, 2000. 12p. (Report 2000/2001).
- OLIVEIRA, P.A.V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1993. 188p.
- OLIVEIRA, W. **Uso de água residuária da suinocultura em pastagem de *Brachiaria decumbens* e grama estrela *Cynodon Plectostachyum***. Piracicaba, SP: USP/Escola Superior de agricultura “Luís de Queiroz”, 2006. 104p. (Tese de Mestrado).
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 2.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 471p.
- PRIOR, M. **Efeito da água residuária de suinocultura no solo na cultura do milho**. Botucatu: UNESP, 2008. 120p. Tese Doutorado.
- QUEIROZ, F.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, n.05, p.1487-1492, 2004.
- QUIN, B.F.; WOODS, P.H. Surface irrigation of



pasture with treated sewage effluent. I. Nutrient status of soil and pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.21, p.419-426, 1978.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.
Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes. In: **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**, 1994, Concórdia, SC. Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, 1994, p.47 (EMBRAPA-CNPASA, Documentos, 32).

SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, 2004.

SIMS, J.T. Soil fertility evaluation. In: SUMMER, M.E. ed. **Handbook of soil science**. New York: CRC Press, 1999. p.D113-D153.

SOUTO, P.C.J.; SOUTO, S.; SANTOS, R. V. et al. Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.125-130, 2005.

SPEIR, T.W.; SCHAIK, A.P.V.; KETTLES, H.A. et al. Soil and stream-water impacts of sewage effluent irrigation onto steeply sloping land. **Journal of Environmental Quality**, v.28, p.1105-1114, 1999.

TAMANINI, C.R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira**. 2004. 196p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, 2004.

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N.J.; MARA, D.D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science and Technology**, v.33, p.355-362, 1996.

WORLD RESOURCES INSTITUTE-WRI. World resources 2000-2001: people and ecosystems. In: **The fraying web of life**. Washington, DC: United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, World Bank, World Resources Institute, 2000. 400p.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G. et al. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.117-161, 1997.