

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO EM FUNÇÃO DE ALTAS
DOSES DE LODO DE ESGOTO EM DIFERENTES
INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO**

LILIAN RODRIGUES MAIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis

**ALEGRE
ESPÍRITO SANTO - BRASIL
JULHO – 2008**

ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO EM FUNÇÃO DE ALTAS DOSES DE LODO DE ESGOTO EM DIFERENTES INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO

LILIAN RODRIGUES MAIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada: 15 de julho de 2008.

Prof. Dr. João Batista Pavesi Simão
Escola Agrotécnica Federal de Alegre-
EAFA

Prof.Dr. Renato Ribeiro Passos
Centro de Ciências Agrárias - UFES

Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Co-orientador)

Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Orientador)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO
VERMELHO-AMARELO EM FUNÇÃO DE ALTAS
DOSES DE LODO DE ESGOTO EM DIFERENTES
INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO**

LILIAN RODRIGUES MAIA

**ALEGRE
ESPÍRITO SANTO - BRASIL
JULHO- 2008**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Marcio e Marcia.

Às minhas irmãs Aline, Mônica e Raphaely.

Aos meus avós Amélia e Agostinho.

Ao meu namorado Charles.

“Só é útil o conhecimento que nos torna melhores”.

(Sócrates)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda a graça concedida.

Aos meus pais, Marcio Rodrigues Maia e Marcia Mara da Silva Maia.

Aos meus avós, amigos e colegas que me apoiaram e me deram força.

Ao meu namorado Charles, por me ajudar e apoiar nesta fase tão difícil.

Às minhas irmãs que sempre torceram por mim.

Ao meu orientador, professor Dr. Edvaldo Fialho dos Reis, que me deu oportunidade e acreditou na minha pesquisa.

À secretária Madalena Capucho que me ajudou muito no período da graduação e pós-graduação.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade da realização do curso de Pós-graduação.

Às pessoas, que mesmo não estando presentes, sempre torceram por mim e que fizeram sempre votos de realização às vezes não falando, mas simplesmente torcendo.

BIOGRAFIA

Lilian Rodrigues Maia, filha de Marcio Rodrigues Maia e Marcia Mara da Silva Maia, nascida em Juiz de Fora, em 30 de agosto de 1977.

Em 1997, entrou para o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado em Alegre – Espírito Santo, graduando-se em Agronomia em 2003.

Entre 2003 e 2004, trabalhou na multinacional Syngenta do Brasil como assistente técnica de vendas.

Em 2006, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal com Linha de Pesquisa em na Universidade Federal do Espírito Santo, concluindo-o em 2008, obtendo título de Mestre em Produção Vegetal.

Em 2008, foi contratada como professora da Faculdade Del Rey, situada em Belo Horizonte - MG, para ministrar aulas de estatística e agronegócios.

CONTEÚDO

RESUMO -----	ix
ABSTRACT -----	xi
INTRODUÇÃO -----	1
REVISÃO DE LITERATURA -----	3
MATERIAL E MÉTODOS -----	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	17
CONCLUSÃO -----	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -----	19
Figura 2 -----	20
Figura 3 -----	22
Figura 4 -----	22
Figura 5 -----	24
Figura 6 -----	24
Figura 7 -----	26
Figura 8 -----	26
Figura 9 -----	28
Figura 10 -----	28
Figura 11 -----	30
Figura 12 -----	30
Figura 13 -----	32
Figura 14 -----	32
Figura 15 -----	34

Figura 16 -----	34
Figura 17 -----	36
Figura 18 -----	36
Figura 19 -----	37
Figura 20 -----	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-----	14
Tabela 2-----	14
Tabela 3-----	15
Tabela 4-----	17
Tabela 5-----	21

RESUMO

MAIA, Lilian Rodrigues, M. Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, junho de 2008. **ALTERAÇÕES QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO EM FUNÇÃO DE ALTAS DOSES DE LODO DE ESGOTO EM DIFERENTES INTERVALOS DE IRRIGAÇÃO.** Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis. Co-orientador: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia.

Os problemas ambientais, sociais e econômicos gerados pela produção de resíduos na sociedade moderna não se caracterizam tão somente pela inadequada disposição no meio ambiente, mas também, pela redução gradativa de áreas para dispor tais resíduos que, nos grandes centros urbanos, atingem volumes extremamente grandes. É possível utilizar restos de culturas e dejetos animais e humanos, de forma mais efetiva, para a fertilização das culturas e, ao mesmo tempo, ajudar a solucionar os problemas ambientais rurais e urbanos. Uma das práticas para conservação e recuperação dos solos é o uso de lodo de esgoto doméstico em solos agrícolas, mediante a garantia de que não ocorram impactos ambientais negativos. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da aplicação do lodo de esgoto doméstico e de diferentes intervalos de irrigação sobre os atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável do CCA-UFES, em vasos de 12 litros. Foi montado um fatorial 5 x 3, sendo cinco doses de lodo de esgoto (D0, D5, D10, D15, D20) e três intervalos de irrigação (7, 14 e 21 dias), em três repetições, num delineamento inteiramente casualizado. Ao final de 180 dias de experimento, o material de solo foi retirado dos vasos, colocado para secar e passado em peneira de 2 mm,

para realização das análises químicas de: pH em água (pH), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), acidez potencial (H +Al), capacidade de troca de cátions (CTC) total, ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e índice de saturação de sódio (ISNa). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott para as doses de lodo de esgoto e teste de Tukey para os intervalos de irrigação a 5% de probabilidade, utilizando o Software SAEG 9.1. Os resultados mostraram que a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto promove aumento dos valores de pH, CTC total, P, Ca e Zn do solo e redução dos valores de H + Al, ISNa, Mn, Fe e B do solo. Há influência do intervalo de irrigação sobre os atributos químicos do solo: P, K, Ca, CTC total, ISNa, Fe, Mn e B. A utilização de lodo esgoto promove alterações químicas do solo, portanto sua utilização deve ser feita com base em critérios técnicos, haja vista que doses muito elevadas deste resíduo podem acarretar processos como a alcalinização e a sodicidade dos solos, o que inviabilizaria a produção das culturas.

Palavras-chave: Resíduo orgânico, fertilidade do solo, água do solo.

ABSTRACT

MAIA, Lilian Rodrigues, M. Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, June 2008. **Chemical changes in an oxisol according to high doses of sewage sludge at different intervals of irrigation.** Advisor: Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis. Co-Advisor: Prof. Dr. Giovanni Garcia de Oliveira.

Environmental problems, social and economic generated by production of waste in modern society is characterised not only by inadequate disposition in the environment, but also, for the gradual reduction in the areas for waste disposal that, in urban centres, reaches volumes extremely large. It is possible to use remains of crops and animal and human dejections, more effective, for fertilization of crops and at the same time, to give help to solve environmental problems rural and urban. One of the practices for conservation and restoration of soil is the use of domestic sewage sludge in agricultural soils, by warranty that no negative environmental impacts occur. The objective of this study was to verify the influence of the application of domestic sewage sludge and different intervals of irrigation on the chemical attributes of the soil. The experiment was carried out in a greenhouse in the Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável of the CCA-UFES in buckets of 12 litres. It was mounted 5 x 3 factorial, with five doses of sewage sludge (D0, D5, D10, D15, D20) and three irrigation intervals (7, 14 and 21 days) in three replicates in a

completely randomized design. At the end of 180 days of trial, the material of soil was removed from buckets, placed to dry and sifted by sieve of 2 mm for accomplishment of the chemical analysis of: pH in water (pH), phosphorus (P) and potassium (K), calcium (Ca), potential acidity (H + Al), cation exchange capacity (CEC) potential, iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), Zinc (Zn), boron (B) and index of saturation sodium (ISNa). The data were submitted to the analysis of variance and the average were compared by test of Scott-Knott for doses of sewage sludge and Tukey's test for the irrigation interval to 5% of probability, using the Software SAEG 9.1. The results showed that the application of increasing doses of sewage sludge promotes increase of the values of pH, CTC potential, Ca, P and Zn of the soil and reduction of the values of H + Al, ISNa, Mn, Fe and B of the soil. There is influence of the irrigation interval on the chemical attributes of the soil: P, K, Ca, CTC total, ISNa, Fe, Mn and B. The use of sewage sludge promotes chemical changes of the soil, so its use should be made based on technical criteria, it is seen that very high doses of this waste can cause processes such as, alkalinization and acidity of the soils, which would make unfeasible the production of crops.

Key words: organic waste, soil fertility, soil water.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano é gerador permanente de resíduos, tanto os decorrentes de seu próprio metabolismo, como os inerentes à atividade agroindustrial, que aumentam em decorrência do crescimento populacional (Melo & Marques, 2000).

Um dos resíduos gerados em maior abundância é o lodo de esgoto, constituindo objeto de estudo por pesquisadores de diversas áreas, representando um sério problema devido ao volume crescente gerado ao longo dos anos.

O lodo de esgoto usado como fertilizante orgânico na agricultura promove o fornecimento de nutrientes para as plantas e atua como condicionador do solo. Entretanto, seu uso necessita de estudos amplos e cuidadosos para se evitar conseqüências indesejáveis ao meio ambiente e à saúde humana. As pressões sociais têm exigido dos governos e das empresas de saneamento políticas ambientais mais avançadas e eficazes, incluindo-se a correta e adequada disposição dos resíduos gerados.

Dentre as alternativas para a disposição final do lodo de esgoto, a reciclagem na agricultura vem se destacando como melhor opção, pela adequação sanitária e ambiental, além da viabilidade econômica, desde que o resíduo atenda padrões de qualidade mínimos.

Segundo Andreoli & Pegorini (2000), a alternativa da reciclagem agrícola tem o grande benefício de transformar o lodo de esgoto em um importante insumo agrícola,

capaz de fornecer matéria orgânica e nutriente ao solo e vantagens indiretas ao homem e ao ambiente, reduzindo os efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente causados pela incineração e diminuindo a dependência de fertilizantes minerais.

Do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência da aplicação de altas doses de lodo de esgoto doméstico e de diferentes intervalos de irrigação sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Lodo de Esgoto

2.1.1. Resíduos e suas Conseqüências sobre o Impacto Ambiental

O crescimento da população vem demandando, continuamente, água em quantidade e qualidade compatíveis. Muitos dos mananciais utilizados estão cada vez mais poluídos e deteriorados seja pela falta de controle, seja pela falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição final de esgotos e na disposição adequada dos resíduos sólidos. Além disso, novos mananciais, necessários para suprir essas demandas, encontram-se cada vez mais distantes dos centros consumidores.

Os problemas ambientais, sociais e econômicos gerados pela produção de resíduos da sociedade moderna não se caracterizam tão somente pela inadequada disposição no meio ambiente, mas também, pela cada vez menor disponibilidade de áreas para dispor esses resíduos que, nos grandes centros urbanos, atingem volumes extremamente grandes. Enquanto os países desenvolvidos encontram problemas para selecionar áreas que atendam suas necessidades, os países em desenvolvimento defrontam-se com carências tecnológicas e falta de critérios e de controle na disposição final dos resíduos (RAMOS, 2004).

Águas residuárias ou esgoto constituem o líquido proveniente das diversas modalidades de uso e origem das águas, tais como: doméstica, comercial, industrial, entre outras. Atualmente, existe uma grande preocupação em relação ao grau de

tratamento e ao destino final dos esgotos e os seus conseqüentes impactos ambientais (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

Lodo de esgoto (LE) é um resíduo rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Biossólido é o nome dado ao lodo de esgoto, tratado ou processado, com características que permitam sua reciclagem de maneira racional e ambientalmente segura (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Desse tratamento resulta a produção do lodo de esgoto, que é um resíduo que necessita de uma adequada disposição final para não causar problemas ambientais.

Entretanto, a disposição final do lodo é problemática e o descarte desse resíduo tem sido negligenciado, representando custos de até 50 % do orçamento operacional do sistema de tratamento, o que pode anular os benefícios da coleta e do tratamento dos efluentes, tornando-se novo problema ambiental (BERTON & CAMARGO, 2004). Dessa forma, o uso de lodo de esgoto na agricultura pode consistir numa das alternativas mais viáveis para minimizar o risco ambiental, bem como para garantir reciclagem de nutrientes que, no futuro, poderão ter aplicação restringida (BATAGLIA et al., 1983).

A falta de uma alternativa consistente para o destino final do lodo fez com que, em muitas cidades brasileiras, modernas e eficientes estações de tratamento de esgoto passassem a estocá-lo nas suas imediações, com riscos ambientais imprevisíveis (ANDREOLI et al., 1999).

A finalidade do tratamento dos despejos é manter os corpos de água livres de inconvenientes, como por exemplo, o desprendimento de maus odores, o sabor estranho na água potável, mortandade de peixes, além de disseminação de doenças como cólera, febre tifóide, disenteria e a hepatite infecciosa (KARL & KLAUS, 1986).

Segundo Carvalho & Barral (1981), "O despejo do lodo nos rios e oceanos, devido à ameaça que representa ao ambiente, tende a ser eliminado. A disposição em aterros sanitários consiste em sério problema devido à contaminação de lençóis subterrâneos de água, além da produção de odores que faz com que essa alternativa seja mal vista pela população. A incineração é uma das alternativas mais caras, além de ser necessário ter bastante cuidado na eliminação dos gases contaminantes

produzidos nessa operação. Deste modo, entre as diversas alternativas existentes, a utilização para fins agrícolas apresenta-se como uma das melhores devido aos efeitos benéficos ao solo e pela economia obtida com o aproveitamento de nutrientes”.

Existem várias alternativas tecnicamente aceitáveis para o tratamento do lodo. A mais comum envolve a digestão anaeróbia que pode ser seguida pela destinação final em aterros sanitários exclusivos, seguida de alternativas como a disposição de superfície, a disposição oceânica, lagoas de armazenagem, a incineração ou a reciclagem agrícola. Opções como a incineração e a disposição em aterros sanitários requerem tecnologia sofisticada e podem apresentar alto custo por tonelada tratada (WEBBER & SHAMESS, 1984; CARVALHO & BARRAL, 1981; SAABYE et al., 1994).

A alternativa da reciclagem agrícola tem o grande benefício de transformar um resíduo poluidor em um importante insumo agrícola que fornece matéria orgânica e nutriente ao solo, trazendo também vantagens indiretas ao homem e ao meio ambiente. Pode ainda, num sentido mais amplo, influenciar as condições da biosfera pela sua integração com políticas globais referentes à dinâmica do Carbono atmosférico (LAL; KIMBLE; LEVINE, 1995).

Segundo Outwater (1994), a alternativa da reciclagem agrícola e florestal do lodo de esgoto transforma um resíduo em insumo, trazendo vantagens indiretas ao homem e ao ambiente, uma vez que pode: reduzir os efeitos adversos à saúde humana causados pela incineração, diminuir a dependência de fertilizantes químicos e melhorar o balanço de CO₂ atmosférico.

Para evitar acúmulo de dejetos e impactos ambientais irreversíveis, muitas cidades iniciaram, nas últimas décadas, a construção de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), visando à despoluição dos rios e a redução dos problemas de saúde pública.

2.1.2. O Uso Agrícola do Lodo de Esgoto

No Brasil o uso agrícola de biossólidos ainda não foi amplamente difundido, entretanto já faz parte de programas nacionais de controle de impactos ambientais. A

adequada destinação de resíduos é um fator fundamental para o sucesso de um sistema de tratamento. A importância dessa prática foi reconhecida pela Agenda 21, principal instrumento aprovado na Conferência Mundial de Meio Ambiente - Rio 92 - que incluiu, no seu capítulo 21, o tema "Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos". Esse capítulo define quatro programas prioritários: a redução da produção de resíduos, o aumento ao máximo da reutilização e reciclagem, a promoção de depósitos e tratamento ambientalmente saudável e, finalmente, a ampliação do alcance dos serviços que se ocupam com os resíduos (ANDREOLI & PEGORINI, 1998).

Atualmente, a preocupação por parte de vários segmentos da sociedade em conter os desequilíbrios ecológicos, provocados pelo descarte de resíduos urbanos e agroindustriais, tem motivado o desenvolvimento de pesquisas no sentido de buscar soluções para a utilização econômica desses resíduos. No contexto agrônomo, tem-se procurado utilizá-los como material condicionador do solo e fertilizantes. Os mais utilizados são: composto de lixo urbano, lodo de esgoto, lodo da indústria de celulose e papel, águas residuárias provenientes da indústria sucroalcooleira, do beneficiamento dos frutos do cafeeiro, dentre outros (MESSIAS E MORAIS, 1992; NOVELINO et al., 1995; SOUZA et al. 1996).

A necessidade da recuperação de solos erodidos e empobrecidos é amplamente discutida. Uma das práticas para conservação e recuperação dos solos é o uso de lodo de esgotos domésticos em solos agrícolas, mediante a garantia de que não ocorram impactos ambientais negativos.

O lodo de esgoto é o material sólido (0,01 %) das águas residuais que, além de conter teores significativos de nutrientes, é utilizado basicamente como condicionador do solo pelos altos teores de matéria orgânica (40–60 %) que apresenta (TSUTIYA, 2001). Por sua vez, a dinâmica da matéria orgânica em ecossistemas tropicais é muito importante, graças à rápida decomposição do material, humificação e mineralização deste, ocasionando transformações químicas, físicas e biológicas no solo a curto e longo prazo (SILVA & PASQUAL, 1999).

O uso do LE na agricultura é a alternativa mais viável e interessante, pois o resíduo é fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas (ROS et al., 1991),

e age como corretivo da acidez do solo (BERTON et al., 1989; DIAS, 1994). Assim, o uso de lodo de esgoto na adubação contribui para reduzir os gastos com fertilizantes, principalmente fosfatados e nitrogenados (CARVALHO & BARRAL, 1981).

A matéria orgânica (MO), além das propriedades químicas, atua como condicionador do solo, modificando suas características físicas, notando-se maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas em solos com presença de matéria orgânica, apresentando resposta positiva a doses crescentes desta (LIBARDI & LIER, 1999; YANEZ et al., 1999).

A presença de matéria orgânica na agricultura é de grande importância para a nutrição das plantas e para a obtenção de boa produtividade. A sua constante renovação é capaz de prover um solo com armazenamento adequado de nutrientes que podem ser liberados para a planta na forma adequada e no tempo certo, mantendo o solo com boa fertilidade.

Dentre os efeitos do lodo de esgoto sobre as propriedades físicas do solo, condicionadas principalmente pela presença de matéria orgânica, destaca-se a melhoria no estado de agregação das partículas do solo, com conseqüente diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água (MELO & MARQUES, 2000).

A utilização do lodo das Estações de Tratamento de Esgotos como condicionador de solos agrícolas já acontece em diversos países do mundo como Estados Unidos, Inglaterra, Austrália e Japão. Além do alto teor de matéria orgânica do lodo há ainda a presença de nutrientes essenciais à planta, como, por exemplo, nitrogênio e fósforo.

O lodo de esgoto apresenta composição muito variável, pois depende da origem e do processo de tratamento. Um lodo de esgoto típico apresenta em torno de 40 – 60% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo, 0,23% de potássio, 2,7% de cálcio e 0,4% de magnésio.

O lodo de esgoto aumenta a retenção de umidade em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos. Além disso, mantém boa estrutura e estabilidade dos agregados na superfície por determinado tempo. Desempenha um complexo papel na dinâmica dos solos, influenciando em suas características químicas, biológicas e físicas.

Segundo Costa et al. (1999), na agricultura moderna, grandes quantidades de adubos químicos, adubos orgânicos, águas residuárias e, até mesmo, resíduos diversos de substâncias químicas, são adicionadas ao solo na forma de fertilizantes. Esses insumos, quando aplicados acima da capacidade suporte do solo, podem liberar íons e compostos tóxicos ou não, que poderão poluir o solo e as águas subterrâneas. Os íons disponibilizados na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados das camadas superficiais.

Trabalhos realizados pela Embrapa Meio Ambiente para verificar a influência do lodo de esgoto sobre o desenvolvimento de doenças em mudas de citrus comprovou que a incorporação de lodo de esgoto ao solo resultou em melhor desenvolvimento das mudas e reduziu a podridão de raízes, também conhecida como gomose, doença causada por *Phytophthora nicotianae*. Para feijão, também foi observado o controle do tombamento e da podridão do colo causado pelo fungo *Sclerotium rolfsii*. Para essa cultura, o lodo também apresentou efeito positivo em seu desenvolvimento.

O lodo de esgoto tratado apresenta baixa contaminação, sendo um fertilizante de boa qualidade e de baixo custo. Pode ser usado como adubo orgânico em culturas de milho, cana, café, banana, reflorestamento e em áreas degradadas, que vem substituindo os adubos minerais. Além de ajudar na despoluição dos rios e na reciclagem desse material, que não volta como poluente, o lodo de esgoto é um adubo orgânico tão eficaz como qualquer outro.

Por apresentar elevado teor de nutrientes pode, em muitos casos, substituir parcialmente a aplicação de adubos químicos. A utilização de biossólido proveniente do tratamento do lodo de esgoto na cafeicultura representa também ganho ambiental, principalmente com relação à poluição de rios, lagos e mananciais (EMBRAPA MEIO AMBIENTE).

Para Mousinho et al. (2003), o rendimento de uma cultura agrícola está condicionado a vários fatores referentes ao solo, à planta e ao clima. Dentre esses fatores, a água e o nitrogênio merecem destaque especial, não só pelos custos de produção, mas também devido à necessidade de serem utilizados eficientemente, como forma de garantir a disponibilidade da água e manter o solo em condições de ser utilizado por gerações futuras. Alia-se a essas considerações, o fato desses dois

recursos proporcionarem as maiores variações no rendimento da cultura, em função dos níveis utilizados.

Assim sendo, recomendam-se cuidados com a operação e manutenção, pois se bem concebido, o lodo de esgoto pode transformar potenciais fontes de poluição em fontes de produtividade agrícola.

2.1.3. Efeito da Aplicação de Lodo do Esgoto sobre os Atributos Químicos do Solo

A aplicação de lodo de esgoto no solo causa aumento no teor de matéria orgânica (BATAGLIA et al., 1983; MARQUES, 1997; ABRAHÃO, 1992), com aumento na CTC (MELO et al., 1994).

O pH do solo também é aumentado pela aplicação de lodo de esgoto (OLIVEIRA, 1995; BERTON et al., 1997b; SILVA et al., 1998), enquanto a acidez potencial diminui (BATAGLIA, et al., 1983; DIAS, 1994; MARQUES, 1997; SILVA et al., 1998), o mesmo ocorrendo com o alumínio trocável (BERTON et al., 1989).

Quanto aos aspectos químicos, a aplicação de lodo ao solo tem propiciado elevação dos teores de fósforo (SILVA et al., 2002), de carbono orgânico (CAVALLARO et al., 1993), da fração humina da matéria orgânica (MELO et al., 1994), do pH, da condutividade elétrica e da capacidade de troca de cátions (OLIVEIRA et al., 2002). Vários trabalhos evidenciam o aumento na disponibilidade do N pela aplicação de lodo de esgoto (CUNNINGHAM, 1975; CRIPPS et al., 1992; ROS et al., 1993; DIAS, 1994).

Em trabalho sobre influência do lodo na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar, foi verificado que o lodo de esgoto aumenta a fertilidade do solo pela diminuição da acidez, pelo fornecimento de nutrientes, principalmente de Ca, P, S e Zn, e pelo aumento da CTC efetiva. Os efeitos do lodo de esgoto na fertilidade do solo perduram por apenas um ano agrícola e aumentam os teores de metais pesados do solo, mas estes permanecem aquém dos valores considerados perigosos ao ambiente (SILVA et. al., 2001).

Em relação ao fósforo, a maioria das publicações aponta para expressiva contribuição do lodo de esgoto em relação ao fósforo disponível (ROS et al., 1993; MARQUES, 1997; SILVA et al., 1998). Cintra (1998) estudou três fontes de material orgânico (biossólido, esterco de curral e bagaço de cana) para a cultura de alface em três cultivos sucessivos, encontrando que, nos dois primeiros cultivos, as maiores produções ocorreram nos tratamentos com biossólido e esterco de curral, que não diferiram entre si. O biossólido foi uma boa fonte de P no primeiro cultivo, equivalendo ao esterco de curral, perdendo para este no segundo e terceiro cultivos.

O lodo de esgoto não tem sido citado como uma boa fonte de K devido ao baixo teor encontrado no mesmo. Dessa forma, para o sucesso de seu uso agrícola, há de se proceder a uma complementação com uma fonte do elemento (ROS et al, 1993; Cripps & MATOCHA, 1991). Silva et al., (1998) encontraram diminuição no teor de K extraível com o aumento da dose de lodo de esgoto. Contudo, o teor do elemento acumulado na parte aérea da planta aumentou com a dose do resíduo, o que significa que houve algum problema na amostragem de terra. Marques (1997), em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média cultivado com cana-de-açúcar, observou, após 1 ano da aplicação do lodo de esgoto, aumento no potássio extraível até a dose 40 t ha⁻¹, base úmida.

De um modo geral, o lodo de esgoto é pobre em potássio, não sendo capaz de suprir as necessidades das plantas em relação ao nutriente. Dessa forma, há necessidade de se complementar o potássio contido no lodo de esgoto com fontes minerais.

Aumento gradual na disponibilidade de nutrientes, como Ca, Mg, e S também têm sido observado pela aplicação de lodo de esgoto no solo. O teor de Mg extraível de uma Terra Roxa Estruturada, cultivada com cana-de-açúcar, diminuiu de 26 para 17 mmol_c dm⁻³ pela aplicação de 0, 15 e 30 t ha⁻¹ de um lodo de esgoto obtido na ETE de Barueri, na região metropolitana de São Paulo (SILVA et al., 1998).

O teor de micronutrientes no solo também tem aumentado com a aplicação de lodo de esgoto (DEFELIPO et al., 1991; BERTON et al., 1997a, b). Defelipo et al. (1991), usando um lodo de esgoto industrial, obtido na ETE da Siderúrgica Mendes Júnior, observaram aumento nos teores de Cu, Fe, Mn e Zn em solo LVd e de Fe, Mn e Zn, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e de Fe, Mn e Zn, em um Latossolo

Vermelho-Escuro. Berton et al. (1997b) encontraram aumento nos teores de Cu e Zn extraíveis por DTPA em três latossolos.

O lodo de esgoto apresenta em sua composição todos os nutrientes que as plantas necessitam e, dependendo das condições edafoclimáticas, os mesmos podem tornar-se disponíveis para as culturas.

O lodo de esgoto é particularmente rico nos macronutrientes N, P e Ca, sendo que este último quando se usa a cal no processamento do esgoto.

Constitui também uma excelente fonte de micronutrientes, encontrados em concentrações às vezes elevadas, como ocorre com Zn e Fe. Silva et al. (1998) verificaram aumento na absorção de cobre por plantas de cana-de-açúcar, principalmente na dose mais elevada (30 Mg ha^{-1}). Defelipo et al. (1991), aplicando lodo obtido na ETE da Siderúrgica Mendes Júnior em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico franco argilo-arenoso (LVd) e um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico argiloso (LEd) cultivados com sorgo (BR300), observaram aumento na absorção de Cu até a dose de 45 Mg ha^{-1} para o LVd e $112,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o Led. Atribuíram a baixa resposta ao Cu no solo LVd à maior adsorção do metal pelo solo mais argiloso e à tendência de formar complexos de baixa mobilidade com a matéria orgânica em maior teor neste solo. Berton et al. (1989) também obtiveram baixa resposta ao Cu por plantas de milho à adição de lodo, atribuindo tal fato à quelação do metal pela matéria orgânica do solo.

Estudos sobre os efeitos da aplicação do lodo de esgoto especificamente na cultura do cafeeiro são escassos na literatura. Ferreira et al. (2001) avaliaram o efeito do lodo urbano tratado com cal virgem associado com outros materiais orgânicos no crescimento de mudas de cafeeiro, e constatou que a dose para neutralizar metade da acidez potencial do solo foi superior no desenvolvimento das plantas no que diz respeito a parâmetros, como área foliar, matéria seca da parte aérea e volume de raízes, sendo esse efeito potencializado com a associação de palha de café ao lodo. Martins et al. (2003), avaliando o efeito do lodo na nutrição mineral de cafeeiros em produção, verificaram que os teores de nutrientes nas folhas e frutos e de metais pesados nos frutos estiveram dentro de níveis normalmente encontrados para a cultura,

independente da dose de lodo utilizada, verificando a possibilidade de utilização desse produto para a cafeicultura.

A disponibilidade de Zn contido no lodo parece estar mais relacionada ao pH do solo e à afinidade deste metal pela matéria orgânica (ILLERA et al., 1999) do que ao seu conteúdo no resíduo, mas mesmo assim, Berton et al. (1989) encontraram, para cinco solos do Estado de SP, aumento na absorção desse elemento por plantas de milho em resposta a doses crescentes de lodo de esgoto. Alguz (1993) e Defelipo et al. (1991) também encontraram correlação linear e positiva entre absorção de Zn pelo sorgo e aumento nas doses de lodo.

2.1.5. Legislação para Uso Agrícola de Lodo de Esgoto e Derivados.

O uso agrícola de lodo de esgoto e seus derivados visam benefícios à agricultura evitando riscos à saúde pública e ao ambiente.

A Resolução nº. 375, de 29 de agosto de 2006 (CONAMA, 2006) define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalação do Experimento.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), vinculado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA – UFES), no município de Jerônimo Monteiro-ES, localizado nas coordenadas 20°47' 25" S e 41°23' 48" W a 120 m d e altitude.

Foram utilizados, no experimento, 45 vasos com capacidade de 12 litros, que permaneceram por 180 dias na casa de vegetação (02/04/2007 a 29/09/2007). Esses vasos foram divididos em cinco tratamentos contendo lodo de esgoto, sendo que cada tratamento apresentava 9 vasos.

O lodo de esgoto utilizado, obtido da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do SAAE, situado em Jerônimo Monteiro-ES, passou previamente por tratamento com cal para a retirada de agentes patogênicos presentes no material. Para a determinação da quantidade de cal a utilizar, amostras de lodo de esgoto foram levadas à estufa por 4 horas a 105°C, determinando seu peso seco. Através da determinação da quantidade de água contida no lodo de esgoto, obteve-se a quantidade de 15 kg de cal para 100 kg de lodo de esgoto em base seca. A cal ficou incorporada ao lodo de esgoto por 15 dias, para que não ocorresse a presença de agentes patogênicos. Foram determinadas as quantidades de lodo de esgoto para cada nível em teste, baseados no peso seco. Os níveis de lodo de esgoto foram: dose 0 (D0), dose 1 (D1), dose 2 (D2), dose 3 (D) e

dose 4 (D4), que continham lodo de esgoto nas quantidades: 0, 300, 600, 900 e 1200 g, respectivamente, as quais foram misturadas a 12 dm³ de Latossolo Vermelho-Amarelo, e acondicionados em recipientes plásticos de 12 litros, correspondendo à porcentagem de: 0%, 2,05%, 4,10%, 6,15% e 8,20%, nos níveis de intervalos de irrigação de 7, 14 e 21 dias.

A caracterização química do lodo de esgoto utilizado no experimento é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do lodo de esgoto coletado no SAAE de Jerônimo Monteiro – ES, utilizado no experimento

pH	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
H ₂ O	dag kg ⁻¹							mg.kg ⁻¹		
10,00	80,0	2,17	0,50	0,60	17,13	1,88	1,54	169,7	41,75	171,2

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) coletado na área experimental da Escola Agrotécnica Federal de Alegre (EAFA). Foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0,00 – 0,30 m, sendo estas previamente destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de malha, homogeneizadas e distribuídas em vasos com capacidade de 12 litros cada, destinados às análises físicas e químicas do solo. Realizaram-se as seguintes análises físicas: granulometria (areia, silte e argila), densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total, conforme EMBRAPA (1997), as quais são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização física do material de solo coletado na área experimental do CCA - UFES

Solo	Análise Granulométrica				Ds	Dp	Pt
	AG	AF	Silte	Argila			
	-----g kg ⁻¹ -----				-----kg dm ³ -----		m ³ m ³
LV	460,0	109,7	105,0	248,0	1,06	2,04	0,414

AG= areia grossa (2 – 0,2 mm); AF= areia fina (0,2 – 0,05 mm); Silte (0,05 – 0,002 mm); Argila (< 0,002 mm); Ds= densidade do solo ; Dp= densidade de partícula; Pt= porosidade total.

A testemunha, representada por D0, foi o único nível do fator dose submetido à análise de solo, para que este pudesse ser comparado ao solo utilizando as referidas doses de lodo de esgoto para verificação da sua utilização agrícola. A testemunha, representada por D0, foi adubada conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Espírito Santo (DADALTO & FULIN, 2001).

A aplicação de corretivos e adubos químicos foi realizada em função da análise química do solo (Tabela 3), conforme o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Espírito Santo (DADALTO & FULIN, 2001). Foi utilizado calcário dolomítico (PRNT de 98%) para elevar a saturação por bases para 70%.

Tabela 3 - Caracterização química do material de solo coletado na área experimental da EAFA

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	MO	V	m
H ₂ O	-----mg dm ³ -----			-----cmolc dm ³ -----						g kg ¹	%	
4,8	3,3	17	12	0,5	0,2	0,3	4,2	0,82	5,02	6,8	16,33	10,3

pH em água; P- fósforo (Mehlich 1); K- potássio (Mehlich 1); Na- sódio (Mehlich 1); Ca- cálcio (KCl 1 mol L¹); Mg- magnésio (KCl 1 mol L¹); Al- alumínio (KCl 1 mol L¹), H+Al- acidez potencial (acetato de cálcio); SB- soma de bases; T- CTC potencial; MO- matéria orgânica (dicromato de potássio); V- saturação de bases; m- saturação por alumínio.

Para a determinação da lâmina de irrigação, as unidades experimentais foram saturadas e, após 24 horas, foram pesadas. A água que permaneceu no vaso após esse intervalo de tempo, por meio de pesagens comparativas com o solo seco ao ar, permitiu estabelecer a capacidade de campo para cada unidade experimental.

A cada semana, os vasos foram pesados, respeitando-se os respectivos intervalos de irrigação e, através da capacidade de campo e o peso atual de cada vaso para cada tratamento, obteve-se a quantidade de água a ser resposta pela diferença de peso.

O experimento foi montado no esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco doses de lodo de esgoto (D0, D1, D2, D3, D4) e três intervalos de irrigação (7, 14 e 21 dias), com três repetições, num delineamento inteiramente casualizado. Ao final de 180 dias de experimento, o material de solo foi retirado dos vasos, colocado para secar e passado em peneira de 2 mm, para realização das análises químicas de: pH em água (pH),

fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), acidez potencial (H +Al), capacidade de troca de cátions (CTC) total, ferro (Fe), manganês (Mn); cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B) e índice de saturação de sódio (ISNa) de acordo com metodologias propostas pela EMBRAPA (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott para as doses de lodo de esgoto e Tukey para os intervalos de irrigação a 5% de probabilidade, utilizando o Software Sistema para análises estatísticas, versão 9.1 (SAEG, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos atributos químicos do solo do experimento está apresentada na Tabela 4. Pode-se verificar que a interação entre os fatores é significativa para: pH em água (pH), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), capacidade de troca de cátions (CTC) total, índice de saturação de sódio (ISNa), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B), não sendo significativa para: magnésio (Mg), matéria orgânica (MO), saturação por alumínio (m) e cobre (Cu).

Tabela 4 - Análise de variância dos atributos químicos do solo, com cinco doses de lodo e três intervalos de irrigação

Quadrado Médio	Fonte de Variação			
	Turno de rega (TR)	Dose	TR x Dose	Resíduo
pH	0,13ns	13,31**	0,80**	0,12
P	50,07**	769,63**	33,23**	7,95
K	208,86**	25,52ns	58,58*	23,62
Ca	0,83*	120,88**	1,42**	0,22

Mg	0,21*	0,25**	0,85ns	0,06
MO	5,23**	93,82**	2,72ns	1,32
CTC	0,69*	109,56**	1,55**	0,19
m	1,03ns	463,95**	1,03ns	1,27
ISNa	2,41**	42,27**	1,55**	0,28
Fe	468,97**	1094,59**	356,01**	40,59
Cu	0,56ns	2,69**	0,22ns	0,21
Zn	2,17ns	78,13**	2,40**	0,74
Mn	11,24**	3,78*	6,02**	1,06
B	0,19*	0,28**	0,14*	0,33

** , * significativo a 1 e 5%, respectivamente pelo teste F.

A seguir serão apresentados os resultados e feita a discussão dos atributos químicos do solo decorrentes da aplicação de lodo de esgoto que apresentaram interação significativa entre os intervalos de irrigação e doses de lodo de esgoto.

4.1. pH em água

Na Figura 1, estão apresentados os valores de pH do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto. Verifica-se que a adição de lodo de esgoto só difere para o nível de lodo D1 no intervalo de irrigação de 7 dias. Nos demais níveis de lodo, não há diferença do pH do solo para os três intervalos de irrigação.

Pela Figura 2, pode-se observar os valores de pH do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação. Verifica-se que os níveis que receberam lodo de esgoto são superiores ao nível que não recebeu lodo (dose D0), sendo que a dose D4 mais elevada é a que apresenta maior pH em todos os intervalos

de irrigação, não diferindo da D3 aos 7 e 21 dias. Segundo Oliveira et. al.(1995), o pH do solo é aumentado pela aplicação de lodo de esgoto.

O aumento do pH do solo, determinado pela aplicação do lodo de esgoto, está associado à sua composição química, uma vez que o mesmo resulta da mistura com cal (CaO). Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Silva et al. (1995), que verificaram que a aplicação do lodo de esgoto em soqueira de cana-de-açúcar proporcionou aumentos no pH do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Berton et al. (1989) em solo cultivado com milho.

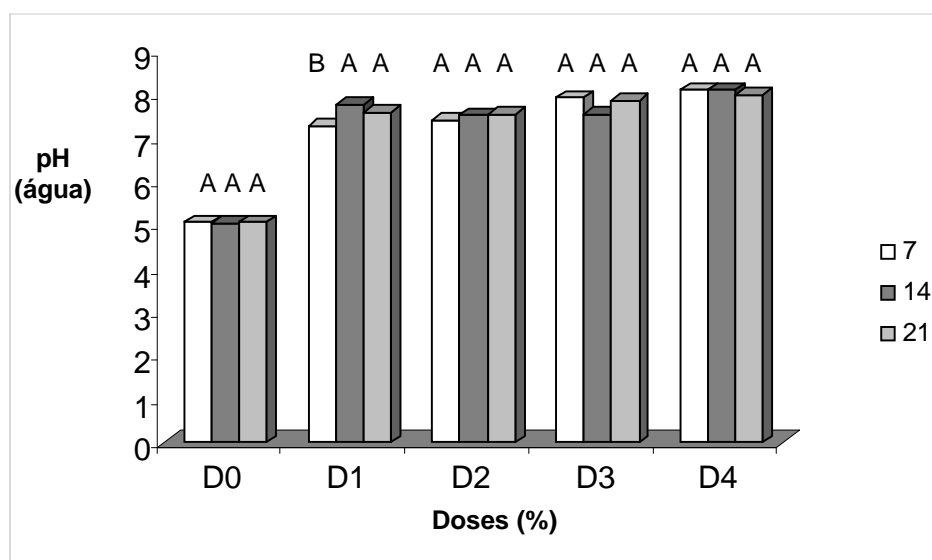


FIGURA 1 - Valores de pH do solo em função dos intervalos de irrigação, em cada dose de lodo de esgoto.

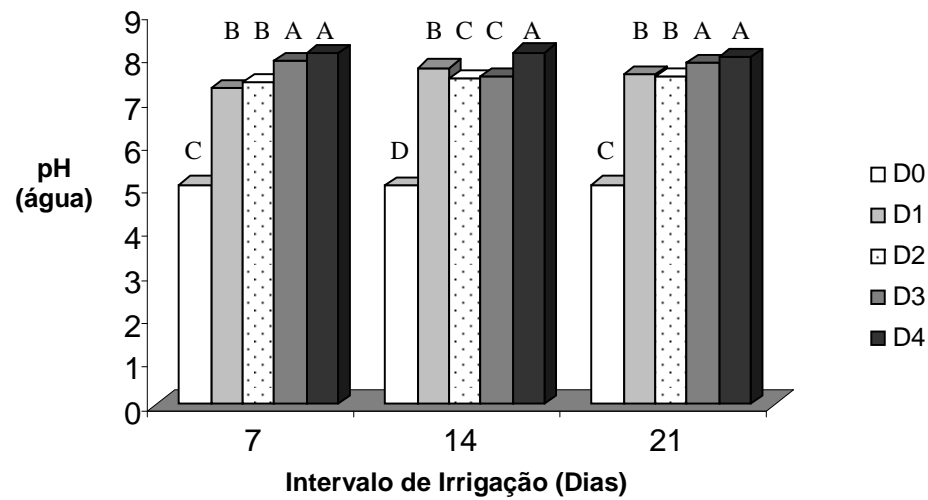


FIGURA 2 - Valores de pH do solo em função das doses de lodo de esgoto, em cada intervalo de irrigação.

4.2. Acidez Potencial

A acidez potencial, representada por $(H+Al)$, foi afetada significativamente pela aplicação de lodo de esgoto (Tabela 5).

O aumento do pH do solo devido à aplicação de lodo de esgoto reduziu a acidez potencial, atingindo valores iguais à zero. Quando comparamos o resultado do pH com a acidez potencial, verificamos que o lodo de esgoto é material alcalino, acarretando em aumento do pH e redução da acidez potencial do solo.

Tabela 5 – Valores de acidez potencial (H+Al), em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, em função das doses de lodo de esgoto e diferentes intervalos de irrigação

(H+Al)					
$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$					
Intervalo de Irrigação	Doses de lodo de esgoto				
	D0	D1	D2	D3	D4
7 Dias	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00
14 Dias	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00
21 Dias	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00

H+Al: acetato de cálcio

4.3. Cálcio

Os valores de cálcio do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto estão apresentados na Figura 3. Verifica-se que, na dose zero, não ocorre diferença significativa nos intervalos de irrigação. Nas doses contendo lodo de esgoto, verifica-se para a D3 de lodo de esgoto que o intervalo de irrigação de 14 dias é superior aos demais. Nas doses D1 e D2, apesar da superioridade do intervalo de irrigação de 14 dias em relação ao de 21 dias, este não difere estatisticamente do intervalo de irrigação de 7 dias.

Os valores de cálcio do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação estão apresentados na Figura 4. Verifica-se que, independentemente do intervalo de irrigação, as doses mais elevadas de lodo de esgoto, promovem aumento nos teores de cálcio no solo. Na dose zero, o teor de cálcio presente no solo é menor que do que nos tratamentos que receberam lodo de esgoto, constatando que ocorre um aumento significativo no teor deste elemento no solo devido à aplicação de lodo de esgoto no solo. O aumento significativo de cálcio no solo observado à medida que se aumentou a dose de lodo de esgoto se deve à presença deste elemento na cal (CaO), utilizada na mistura do lodo de esgoto, conforme pode ser constatado pelos altos teores de cálcio (17,13%) na composição do lodo de esgoto

(Tabela 1). Estes resultados são concordantes com os de Silva et al. (1995), que verificaram que o lodo de esgoto atua como fonte de Ca.

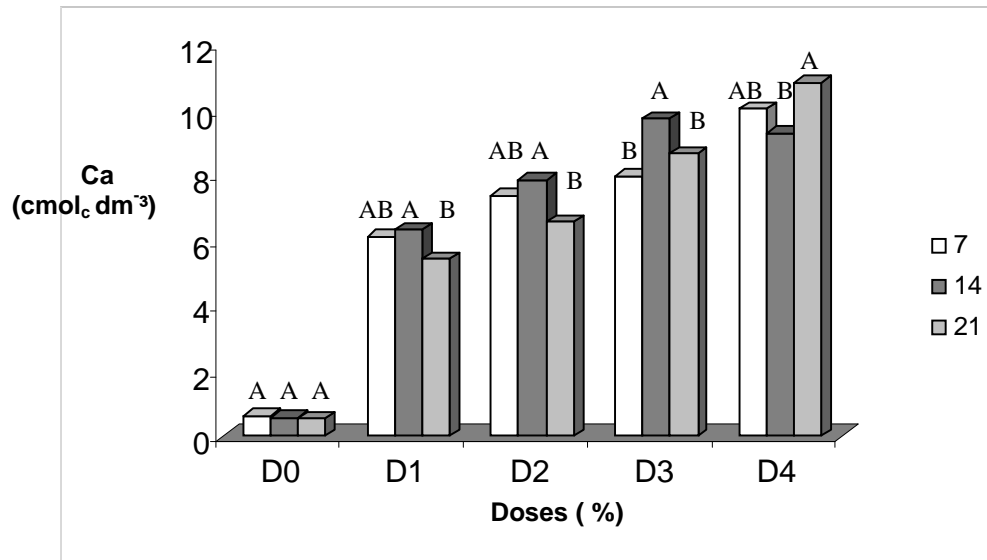


FIGURA 3 - Valores de cálcio (Ca) do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

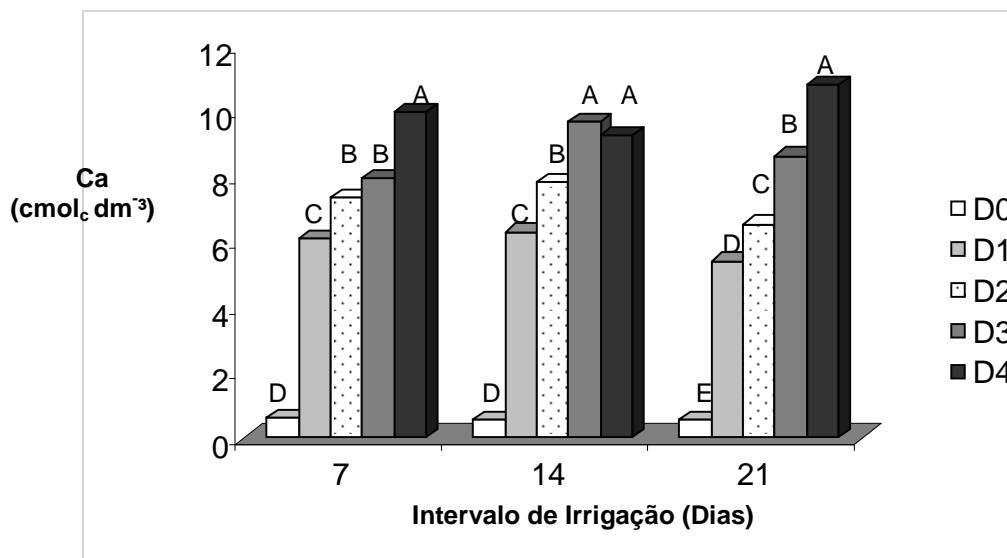


FIGURA 4 - Valores de cálcio (Ca) do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

4.4. Capacidade de troca de cátions total (CTC)

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os valores de CTC total do solo nos diferentes intervalos de irrigação e nas doses de lodo de esgoto. Semelhantemente ao observado para o cálcio, verifica-se que apenas na dose D0 não há diferença significativa entre os intervalos de irrigação. Nas doses contendo lodo de esgoto, verifica-se para a D3 de lodo de esgoto que o intervalo de irrigação de 14 dias é superior aos demais. Nas doses D1 e D2, apesar da superioridade do intervalo de irrigação de 14 dias em relação ao de 21 dias, este não difere estatisticamente do intervalo de irrigação de 7 dias.

Quando se estuda a CTC total em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação (Figura 6), verifica-se, para os diferentes intervalos de irrigação, que a D4 é a que apresenta maior valor de CTC total. Contudo, aos 14 dias de intervalo de irrigação, a D4 não difere estatisticamente da D3. Já a dose D0 é a que apresenta menor valor de CTC, evidenciando a importância do lodo de esgoto no aumento da CTC do solo. Considerando que os solos tropicais apresentam cargas variáveis, ou seja, cargas dependentes do pH, a utilização de lodo de esgoto, ao elevar o pH do solo, promove o aumento da CTC do solo.

Uma das vantagens em se aplicar lodo de esgoto ao solo é que a elevação da CTC contribui para a diminuição da mobilidade dos metais pesados no perfil do solo, uma vez que os mesmos são adsorvidos nos pontos de troca catiônica.

Silva et al. (1995) verificaram que, com a aplicação de lodo de esgoto e resíduos orgânicos, aumentou significativamente a CTC do solo.

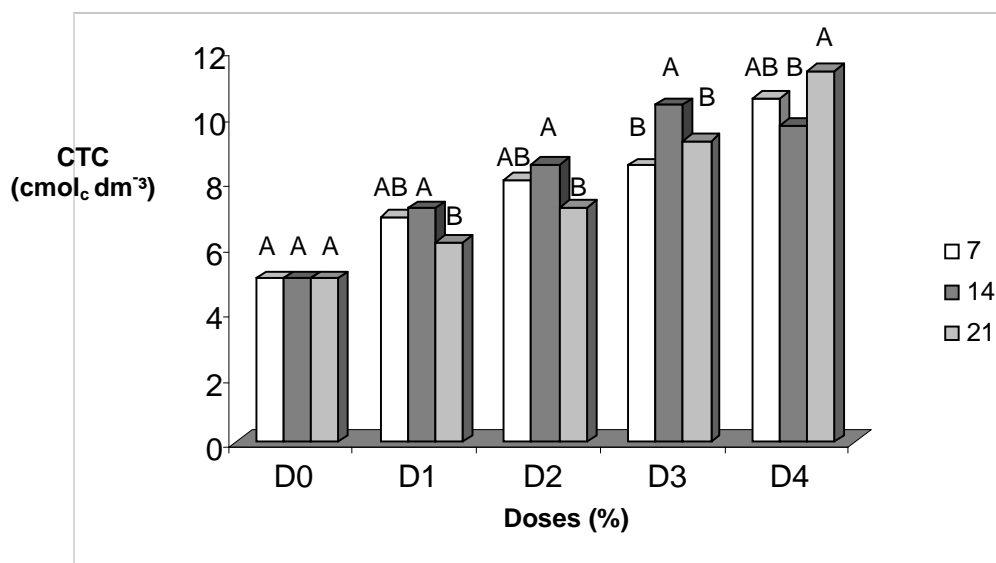


FIGURA 5 - Valores de CTC total no solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

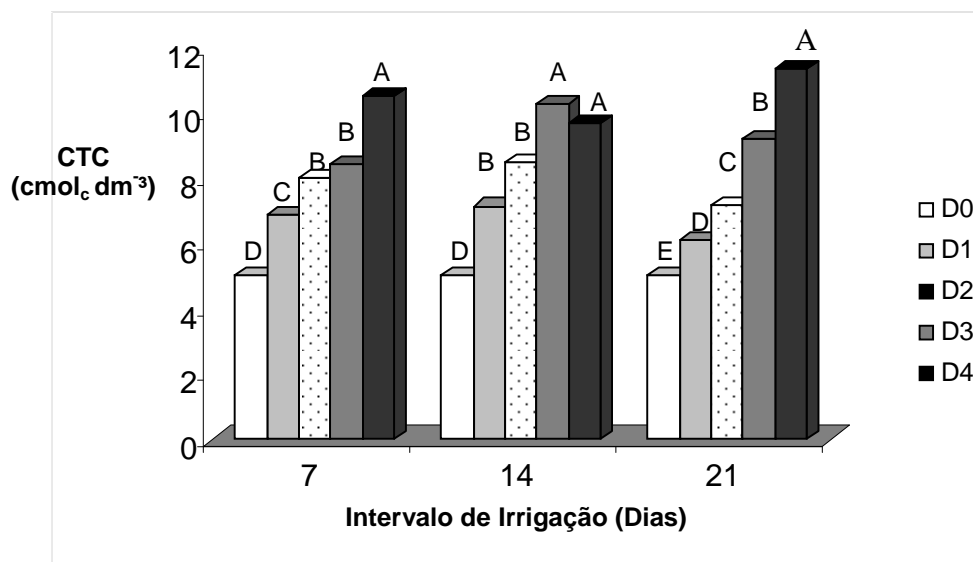


FIGURA 6 - Valores de CTC total no solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

4.5. Fósforo

Na Figura 7, estão apresentados os valores de fósforo do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto e, na Figura 8, estão apresentados os valores de fósforo do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

Pela Figura 7, verifica-se que nas doses D0 e D3, o fósforo não apresenta diferença significativa entre os intervalos de irrigação. Na dose D1, o menor intervalo de irrigação (7 dias) apresenta valor superior de P no solo em relação ao maior intervalo (21 dias). A dose D2 apresenta maior teor de fósforo aos 7 dias, comparativamente aos intervalos de irrigação de 14 e 21 dias. Já na dose D4, o maior de fósforo é observado aos 7 e 21 dias.

Em relação ao fósforo, alguns trabalhos levantam dúvidas sobre o potencial do lodo de esgoto em aumentar sua disponibilidade no solo, mas a maioria das publicações aponta para expressiva contribuição do lodo de esgoto em relação ao fósforo disponível (ROS et al., 1993), o que pode ser constatado neste trabalho, pois os tratamentos contendo lodo de esgoto apresentam valores de fósforo superiores quando comparados à testemunha. Destaca-se ainda o incremento no teor de fósforo no solo em função do aumento das doses de lodo de esgoto, apesar do baixo teor desse elemento na composição do lodo de esgoto (Tabela 1), o que pode ser atribuído às altas doses deste resíduo utilizados no experimento.

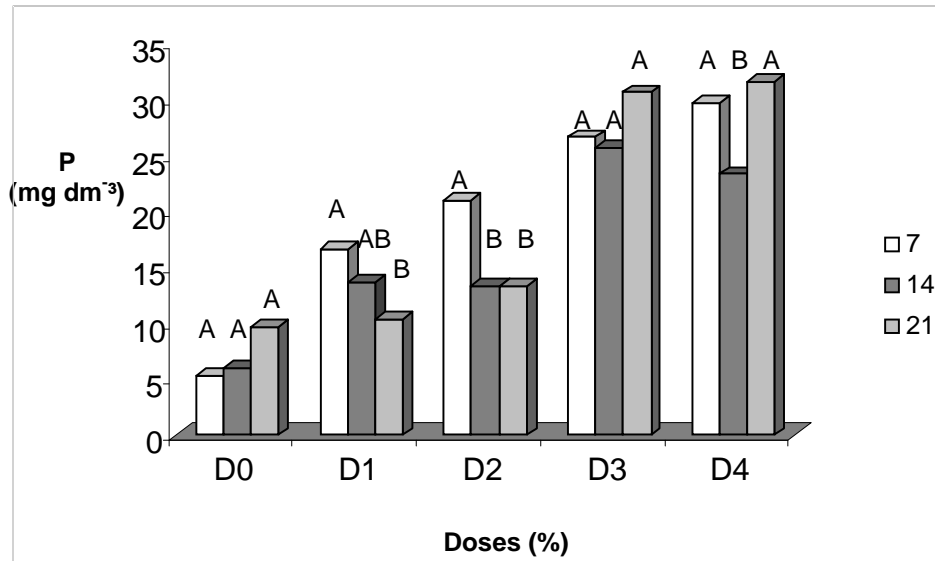


FIGURA 7 - Valores de fósforo (P) no solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

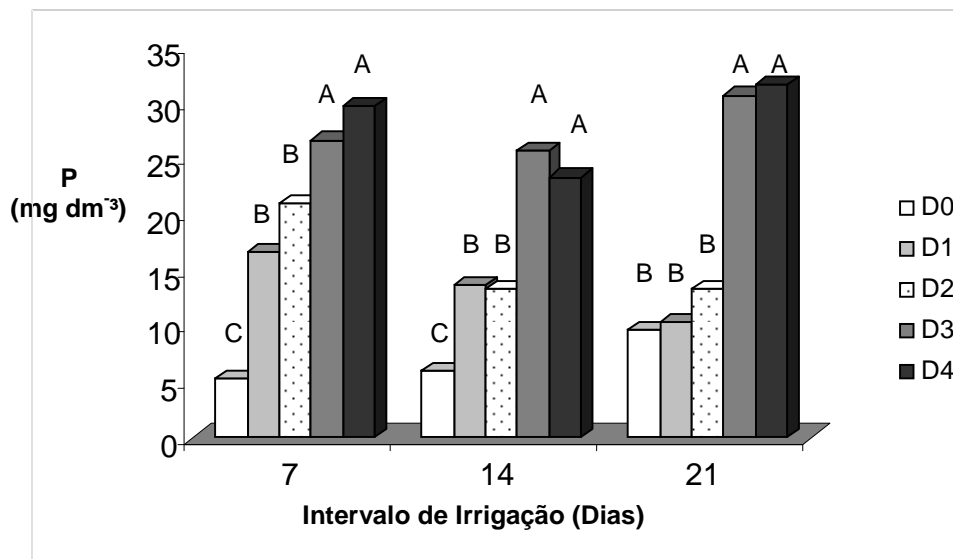


FIGURA 8 - Valores de fósforo (P) no solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

4.6. Potássio

Na Figura 9, estão apresentados os valores de potássio do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto. Verifica-se que as doses D0, D3 e D4 não apresentam diferença significativa entre os diferentes intervalos de irrigação para o potássio no solo. Na dose D1, aos 21 dias, ocorre maior concentração de potássio, sendo que aos 7 e 14 dias não há diferença significativa. Já na dose D2 não ocorre diferença significativa aos 14 e 21 dias de intervalo de irrigação, apresentando maior quantidade de potássio quando comparado aos 7 dias.

Quando se estuda o efeito das doses de lodo de esgoto sobre os teores de potássio no solo em cada intervalo de irrigação (Figura 10), verifica-se que aos 7 dias não há diferença significativa entre as doses D0, D3 e D4, apresentando maior teor desse elemento em relação às demais doses. Aos 14 dias, as doses D0, D2 e D3 não diferem entre si, sendo os teores de potássio observados nas mesmas superiores às doses D1 e D4. Já aos 21 dias, não há diferença significativa entre as doses de lodo de esgoto, quanto aos teores de potássio no solo.

O lodo de esgoto não tem sido citado como uma boa fonte de potássio devido ao baixo teor encontrado no mesmo (ROS et al, 1993; CRIPPS & MATOCHA, 1991). Neste trabalho, foi observado que, independentemente do intervalo de irrigação, a testemunha (D0) apresenta teores de potássio iguais ou superiores aos tratamentos que receberam lodo de esgoto.

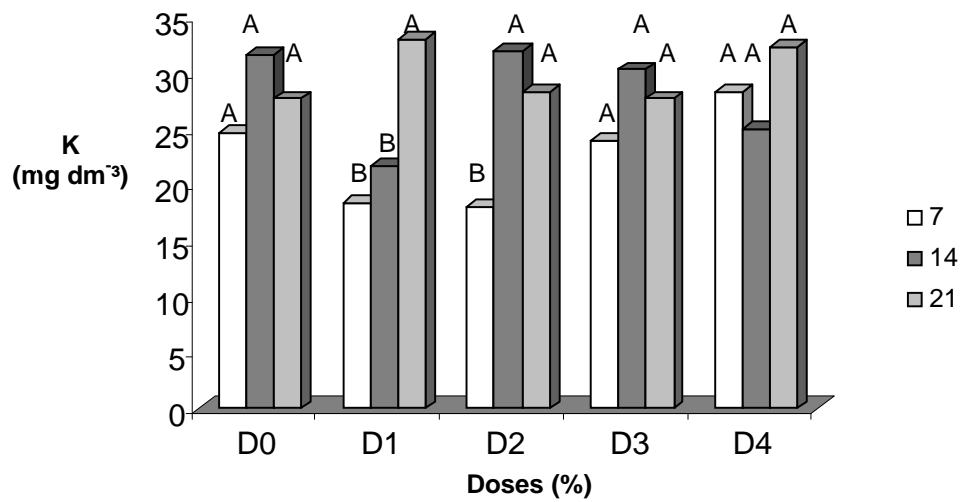


FIGURA 9 - Valores de potássio (K) no solo para os intervalos de irrigação, em cada dose de lodo de esgoto.

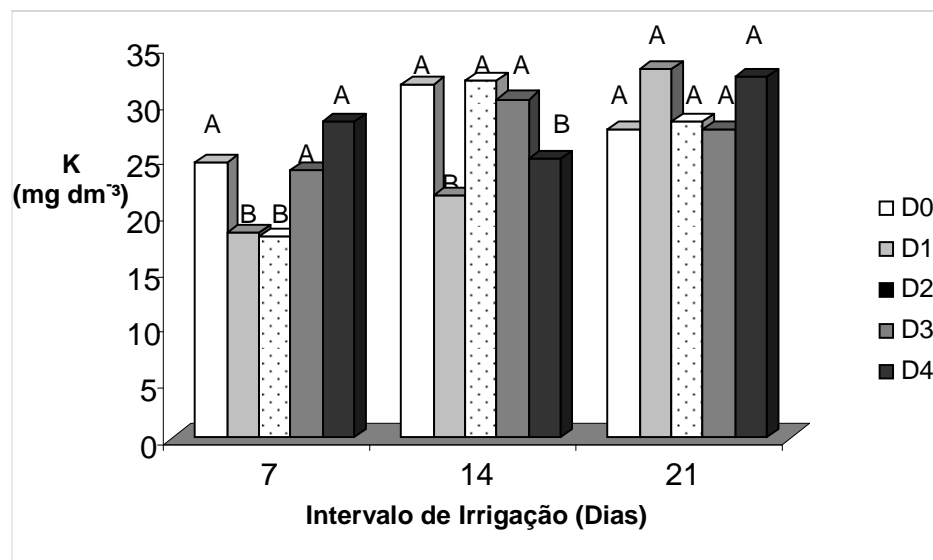


FIGURA 10 - Valores de potássio (K) no solo para as doses de lodo de esgoto, em cada intervalo de irrigação.

4.7. Índice de Saturação de Sódio

Na Figura 11, estão apresentados os valores de índice de saturação de sódio do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto e na Figura 12, estão apresentados os valores de índice de saturação de sódio do solo em função das dose de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

Como se pode verificar na Figura 11, na dose D0 não ocorre diferença significativa entre os intervalos de irrigação de 7 e 21 dias, sendo o intervalo de 14 dias é o que apresenta maior porcentagem de sódio. Não ocorre diferença significativa nos intervalos de irrigação nas outras doses de lodo de esgoto.

Pela Figura 12, verifica-se que, em todos os intervalos de irrigação, a dose D0 é a que apresenta maior concentração de sódio. As doses contendo lodo de esgoto não diferem significativamente entre si, apresentando valores baixos de saturação de sódio.

Os valores superiores de sódio observados no solo na dose D0 podem acarretar efeitos negativos ao crescimento e rendimento das plantas, ocasionando um desequilíbrio nutricional da cultura. Elevados teores de sódio no solo podem, inclusive, prejudicar a própria estrutura do solo, pois a adsorção de sódio pelo solo poderá provocar a dispersão das frações de argila e, conseqüentemente, diminuir a permeabilidade do solo (TOMÉ JR., 1997). Já os tratamentos que receberam lodo de esgoto, apresentam valores baixos de índice de saturação de sódio, demonstrando a potencialidade do lodo de esgoto na redução da sodicidade do solo.

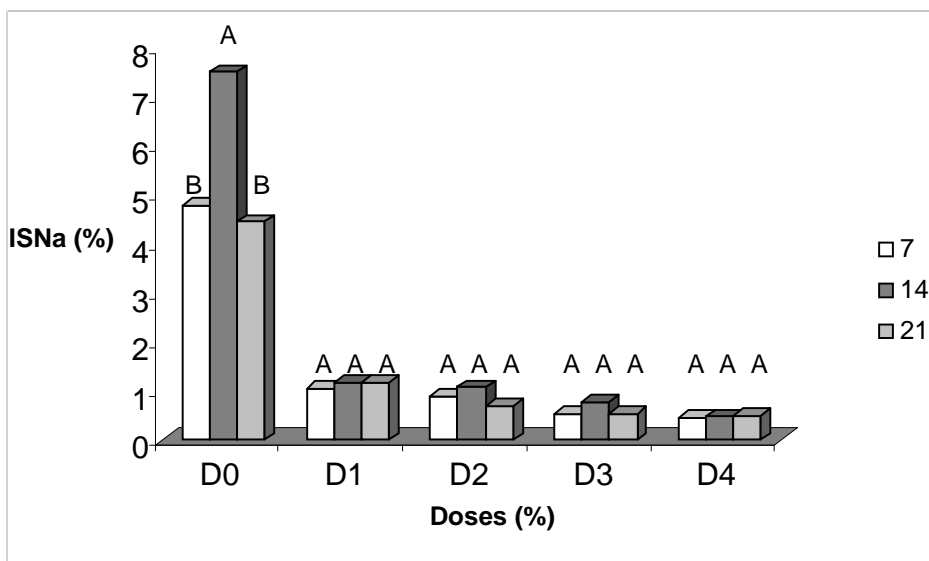


FIGURA 11 – Índice de saturação de sódio (ISNa) no solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

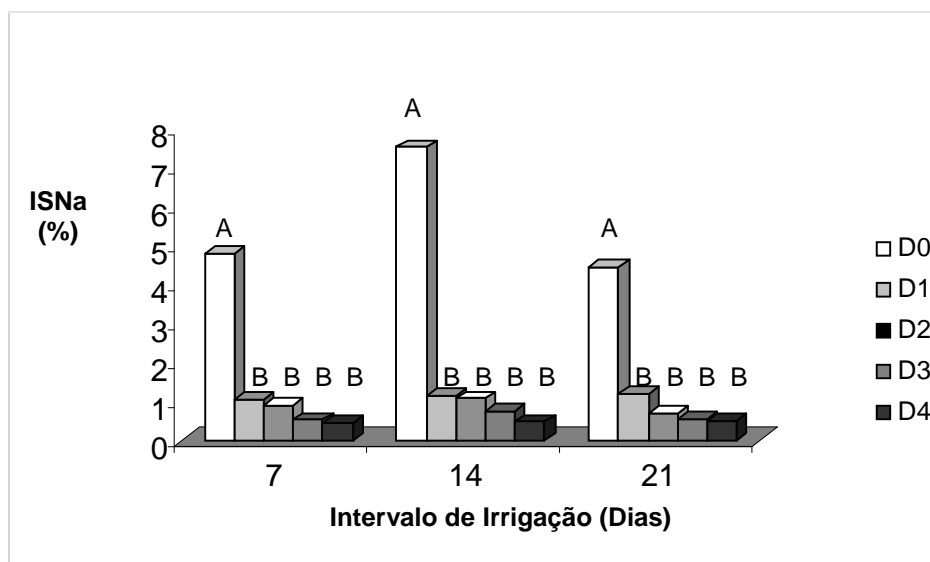


FIGURA 12 – Índice de saturação de sódio (ISNa) no solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

4.8. Ferro

Na Figura 13, estão apresentados os valores de ferro do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto e, na Figura 14, estão apresentados os valores de ferro do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

De acordo com a Figura 13, o ferro não apresenta diferença significativa, nos diferentes intervalos de irrigação, nas doses D2 e D4. Na dose D0, aos 14 dias de intervalo de irrigação, ocorre maior presença de ferro em relação ao intervalo de irrigação de 21 dias, não diferindo, entretanto, do intervalo de irrigação de 7 dias. Na dose D3, o intervalo de irrigação de 14 dias apresenta maior teor de ferro em relação ao intervalo de irrigação de 7 dias, não diferindo estatisticamente do intervalo de 21 dias. Já na dose D1, não ocorre diferença significativa aos 7 e 14 dias de intervalo de irrigação, as quais são superiores ao intervalo de irrigação de 21 dias.

Pela figura 14 verifica-se que, nos intervalos de irrigação de 7 e 14 dias, as doses D0 e D1 não diferem significativamente entre si, apresentando os maiores teores de ferro. Já aos 21 dias de intervalo de irrigação, a doses D0 apresenta maior concentração de ferro.

Segundo Lindsay (1974), o pH afeta a solubilidade dos compostos de ferro, ou seja, a elevação de uma unidade de pH provoca um decréscimo na disponibilidade de ferro nos solos. Considerando que a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto promove aumento considerável do pH do solo, os menores teores de ferro observados nos tratamentos que receberam maiores doses de lodo esgoto é justificado.

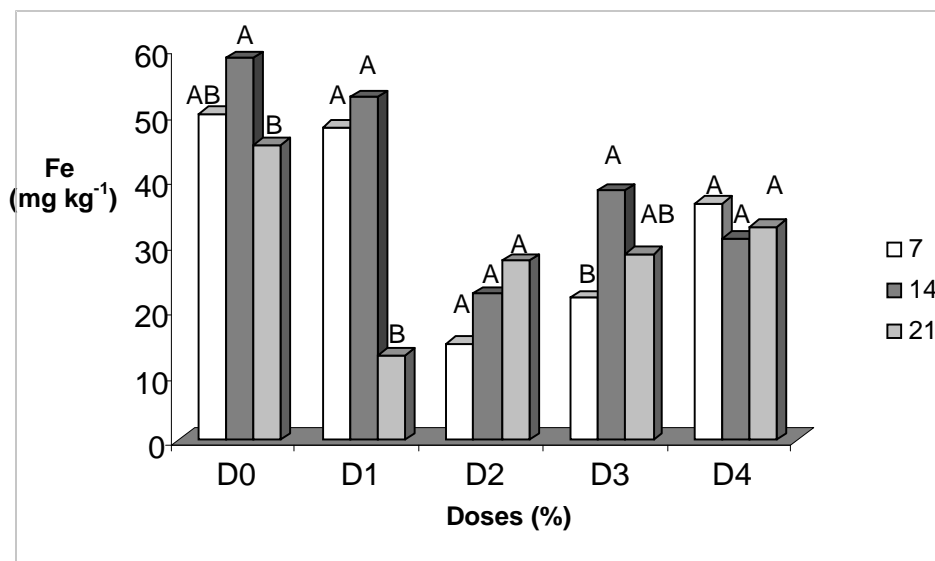


FIGURA 13 - Valores de ferro (Fe) no solo para os intervalos de irrigação, em cada dose de lodo de esgoto.

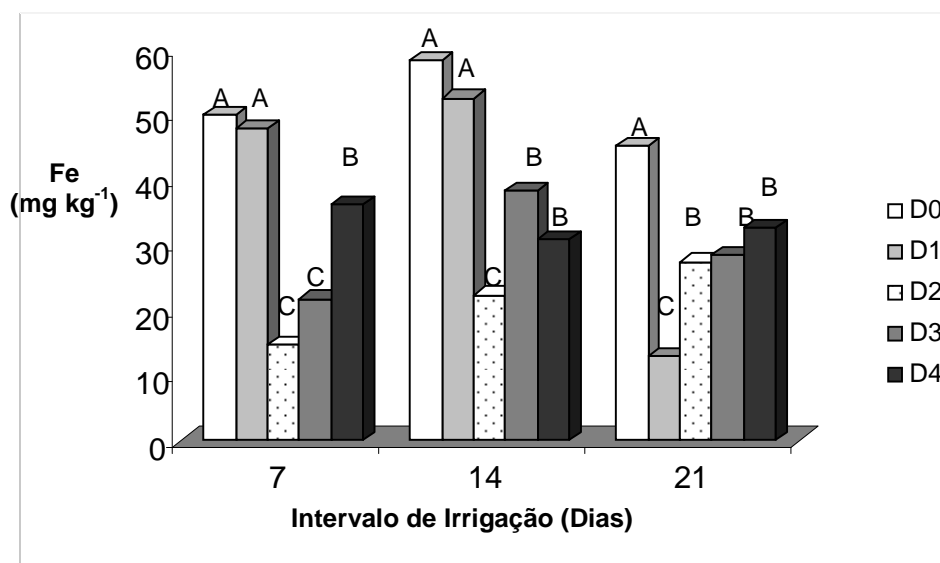


FIGURA 14 - Valores de ferro (Fe) no solo para as doses de lodo de esgoto, em cada intervalo de irrigação.

4.9. Zinco

Na Figura 15, estão apresentados os valores de zinco do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto e, na Figura 16, estão apresentados os valores de zinco do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

Pela Figura 15, verifica-se que, nas doses D0, D1, D3 e D4, não ocorre diferença significativa entre os intervalos de irrigação. Somente na dose D2, o intervalo de irrigação de 14 dias proporciona valores superiores de zinco em relação ao intervalo de 21 dias, não diferindo, contudo, do intervalo de irrigação de 7 dias.

Na Figura 16, no intervalo de irrigação de 7 dias, ocorre um aumento na concentração de zinco no solo de acordo com o aumento da dose de lodo de esgoto, sendo que as doses D3 e D4 não têm diferença significativa e apresentam a maior concentração do elemento. Aos 14 dias, a dose D3 é a que apresenta maior quantidade de zinco. No intervalo de irrigação de 21 dias, ocorre maior concentração de zinco nas doses contendo lodo de esgoto, sendo a dose D4 a que apresenta maior concentração desse elemento. Percebe-se que a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto promove o aumento dos teores desse elemento no solo, o que era esperado pela presença do mesmo no lodo de esgoto (Tabela 1), demonstrando a potencialidade desse resíduo como fonte de zinco. Contudo, a aplicação de lodo de esgoto como fonte de zinco deve ser feita com critérios, para não ultrapassar as necessidades das culturas, podendo inclusive causar um efeito tóxico às mesmas.

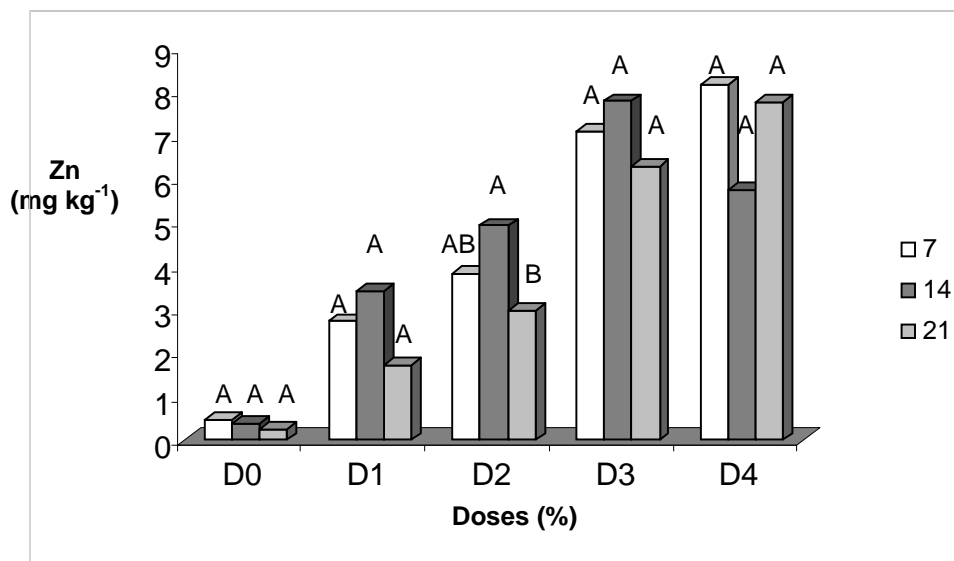


FIGURA 15 - Valores de zinco (Zn) no solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

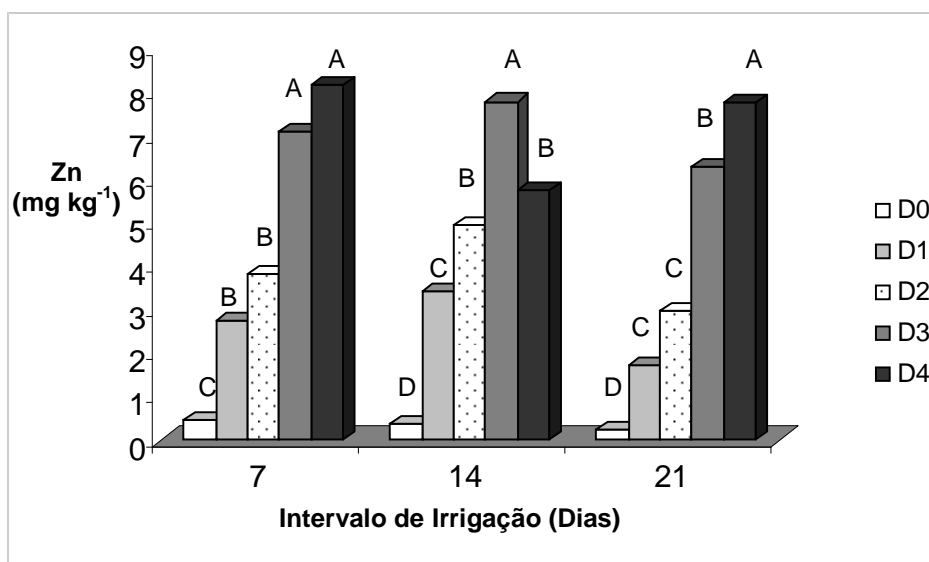


FIGURA 16 - Valores de zinco (Zn) no solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

4.10. Manganês

Na Figura 17, estão apresentados os valores de manganês do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto e, na Figura 18, estão apresentados os valores de manganês do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

Pela figura 17, verifica-se, para as doses D3 e D4, que os intervalos de irrigação não apresentam diferença significativa. Na dose D2, os intervalos de irrigação de 7 e 14 dias não diferem entre si, sendo superiores ao intervalo de irrigação de 21 dias. Para a dose D0, a maior concentração de manganês no solo é observada no intervalo de irrigação de 7 dias. Já para a dose D1, o intervalo de irrigação de 14 dias apresenta teor de manganês superior ao de 21 dias, não diferindo, contudo, do intervalo de irrigação de 7 dias.

Pela na figura 18, nos intervalos de irrigação de 7 e 14 dias, não há diferença significativa quanto ao teor de manganês no solo entre as doses D0, D1 e D2, as quais são superiores às doses mais elevadas de lodo de esgoto (D3 e D4). Já aos 21 dias de intervalo de irrigação, não há diferença significativa entra as doses de lodo de esgoto.

Alguns dos micronutrientes, como o ferro e o manganês, têm suas solubilidades ligadas ao estado de oxidação. Como conseqüência, a diminuição do teor de Mn, observada principalmente aos 7 e 14 dias de intervalo de irrigação, talvez possa ser explicada pelo aumento do pH do solo e do incremento da matéria orgânica, provocado pela adição de lodo de esgoto.

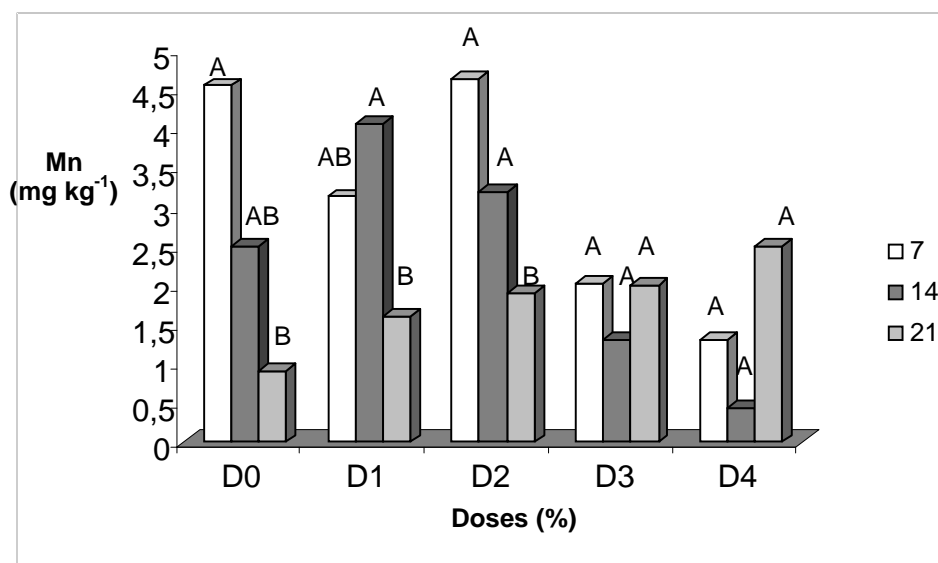


FIGURA 17 - Valores de manganês (Mn) no solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

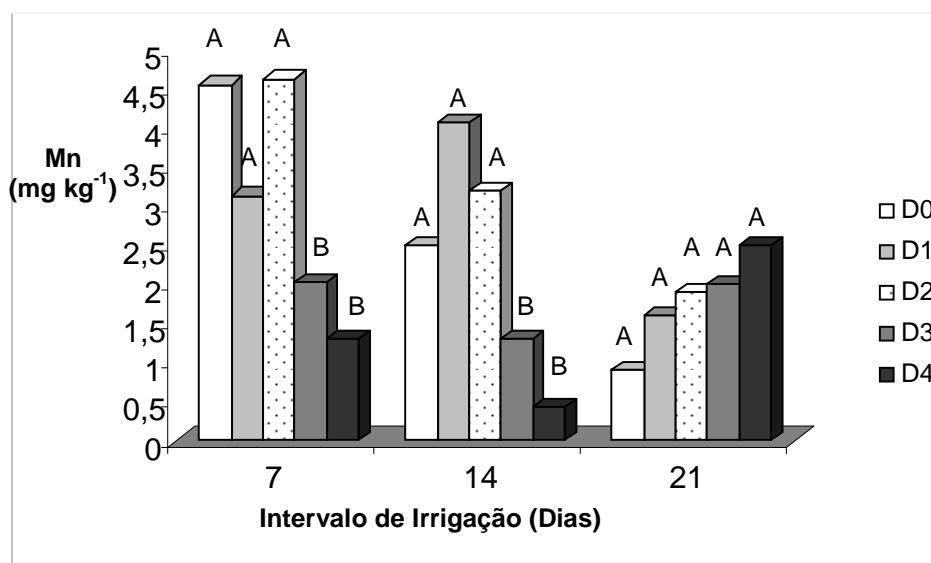


FIGURA 18 - Valores de manganês (Mn) no solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

4.11. Boro

Na Figura 19, estão apresentados os valores de boro do solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto e, na Figura 20, estão apresentados os valores de boro do solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

Quando são estudados os intervalos de irrigação em cada dose de lodo de esgoto (Figura 19), verifica-se que na dose D0, aos 7 dias os valores de boro são superiores aos observados aos 14 e 21 dias de intervalo de irrigação. No restante das doses não ocorre diferença significativa nos intervalos de irrigação.

Na Figura 20, aos 7 dias de intervalo de irrigação, verifica-se que a dose D0 apresenta maior quantidade de boro em relação as demais doses. Já aos 14 e 21 dias de intervalo de irrigação, não há diferença significativa entre as doses estudadas.

Segundo Parks & White (1952), a matéria orgânica do solo concorre para a fixação do boro, tornando esse elemento não disponível às plantas.

Segundo Raij et al. (1996), o lodo de esgoto é fonte pobre desse micronutriente, sendo que de acordo com Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 4ª aproximação, apenas a dose zero, aos 7 dias apresenta doses acima do considerado normal para as culturas.

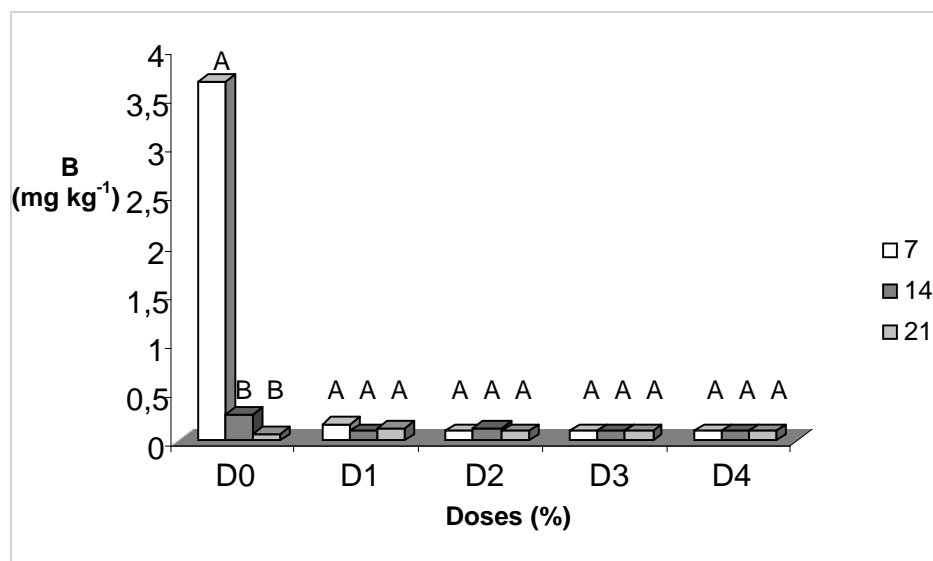


FIGURA 19 - Valores de boro (B) no solo em função dos intervalos de irrigação, para cada dose de lodo de esgoto.

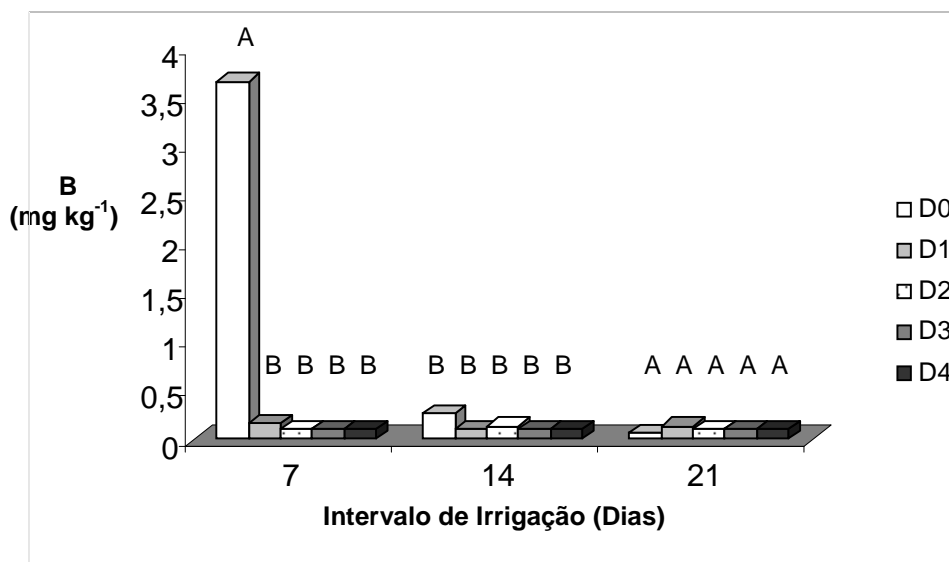


FIGURA 20 - Valores de boro (B) no solo em função das doses de lodo de esgoto, para cada intervalo de irrigação.

CONCLUSÃO

A aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto promove aumento dos valores de pH, CTC total, fósforo, cálcio e zinco do solo, e redução da acidez potencial, índice de saturação de sódio, manganês, ferro e boro do solo.

Há influência do intervalo de irrigação sobre os atributos químicos do solo: fósforo, potássio, cálcio, CTC total, índice de saturação de sódio, ferro, manganês e boro.

A utilização de lodo esgoto promove alterações químicas do solo, portanto sua utilização deve ser feita com base em critérios técnicos, haja vista que doses muito elevadas desse resíduo podem acarretar processos como a alcalinização e a sodicidade dos solos, o que inviabilizaria a produção das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, E.C. **Efeito de doses de lodo de esgoto sobre a fertilidade, atividade de amilase e celulase de um Latossolo Vermelho-Escuro textura média.** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1992. 110p.

ALGUZ, E.S. **Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo sorgo granífero cultivado em solo que recebeu biossólido.** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1993. 104p.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S. **Gestão de Biossólidos Situação e perspectivas.** In: **I Seminário sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul**, Curitiba, dez 1-4, 1998.

ANDREOLI, C.; LARA, A. I., ITHENFELD, R. G. K. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura.** 1a Edição. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

ANDREOLI, C.V. & PEGORINI, E.S. **Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto.** In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna, EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.281-312.

BATAGLIA, O.C.; BERTON, R.S.; CAMARGO, A.O.; VALADARES, J.M.A.S. **Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim-braquiária.** **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.277-284, 1983.

BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 187-192, 1989.

BERTON, R.S.; PRATI, P.F.; FRANKENBERGER JR, W.T. Phosphorus availability in soils amended with organic materials, estimated by three chemical methods and two enzyme activities. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.617-624, 1997a.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A.; BATAGLIA, O.C. Peletização de lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.685-691, 1997b.

BERTON, R. S. & CAMARGO, O. A. Uso agrícola do lodo de esgoto, da matéria orgânica, do lixo urbano e de resíduos industriais. **Agrônomo**, 56:58, 2004.

CARVALHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. **Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante**. Fertilizantes, São Paulo, v. 3, p. 1-4, 1981.

CAVALLARO, N.; PADILLA, N. & VILLARRUBIA, J. Sewage sludge effects on chemical properties of acid soils. **Soil Sci.**, 156:63-70, 1993.,

CINTRA, A.A.D. **Efeito da utilização de diferentes adubos orgânicos e da aplicação de um composto à base de alga calcária (Lithothamnium calcareum) sobre absorção de nutrientes e a produção de alface (Llactuca sativa) em Latossolo Vermelho-Amarelo**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1998. 82p.

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente. Acesso dia 10 de janeiro de 2008. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/textos/CONAMA%20375-29-8-2006.pdf>>.

COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade de nitrato em coluna de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p. 190-194, 1999.

CRIPPS, R.W., MATOCHA, J.E. Effect of sewage sludge application to ameliorate iron deficiency of grain sorghum. **Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York**, v.22, p.1931-1940, 1991.

CRIPPS, R.W.; WINFREE, S.K. & REAGAN, J.L. Effects of sewage sludge application method on corn production. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 25:1705-1715, 1992.

CUNNINGHAM, I.D.; KEENEY, D.R. & RYAN, J.A. Yield and metal composition of crop and rye grown on sewage amended soil. **J. Environ. Qual.**, 4:35-42, 1975.

DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 4ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, 2001, 266P.

DEFELIPO, B.V.; NOGUEIRA, A.V.; LOURES, E.G.; ALVAREZ, Z.V.H. Eficiência agronômica do lodo de esgoto proveniente de uma siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.389-393, 1991.

DIAS, F. L. F. **Efeito da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.)**. Jaboticabal : UNESP, 1994. 74 p. Tese de Doutorado.

EMBRAPA. Centro de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Acesso dia 18 de junho de 2007. Disponível em:

<[http://www.embrapa.br/linhas de acao/temas basicos/meio ambiente/meio ambiente_14/mostra_documento](http://www.embrapa.br/linhas_de_acao/temas_basicos/meio_ambiente/meio_ambiente_14/mostra_documento)>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Acesso dia 9 de agosto de 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Pires_lodoID-0L1Y8Wo2Vx.pdf>

FERREIRA, T. L.; CHAVES, J. C. D.; MIYAZAWA, M.; Efeito de lodo urbano, calcário e resíduos vegetais no crescimento do cafeeiro e química do solo. **Anais XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, 2001, Londrina-PR.

ILLERA, V.; WALTER, I.; CUEVAS, G.; CALA, V. Biosolid and municipal solid waste effects on physical and chemical properties of a degraded soil. **Agrochemica**, v.43, n.3, p.3-4, 1999.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3a ABES: Rio de Janeiro, 1995.

KARL; IMHOFF, R. KLAUS. **Manual de Tratamentos de Águas Residuárias**. São Paulo: Edgard Blücher, 1986, p. 01.

LAL, R. ;KIMBLE, J.M.;LEVINE, E. et al. **Soil management and greenhouse effect**. S. I.: Lewis Publishers, 1995. 385 p.

LIBARDI, P.L. & van LIER, Q.J. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1., Aracaju, 1999. **Anais**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p.268-273.

LINDSAY, W. L. Role of chelation in micronutrient availability. In: CARSON, E. W. **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974.

MANCUSO, P. C. S & SANTOS, H. F. **Reuso de água**. São Paulo, Manole, 2003.

MARQUES, M.O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. 111p

MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A. Copper, nickel and zinc phytoavailability in na oxisol amended with sewage sludge and liming. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 747-754, 2003.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R.A.; LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.449-455, 1994.

MELO, W.J. & MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MESSIAS, A.S. e MORAIS, F.A. Emprego do lixo urbano na adubação do milho. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. **Anais...**, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1992, p.384-385. .

MESSIAS, A.S. e MORAIS, F.A. Emprego do lixo urbano na adubação do milho. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. **Anais...**, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1992, p.384-385.

MOUSINHO, F.E.P.; COSTA, R.N.T.; SOUZA, F.; GOMES FILHO, R.R. **Função de resposta da melancia á aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE**. Irriga, Botucatu, v.8, n.3, p.264-272, 2003.

NOVELINO, J.O.; LEITE, P.C.; PROENÇA, P.S. SILVA, M.L.. Características químicas de dois latossolos de Dourados, MS, submetidos a aplicação de pó de basalto. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, III, 1995, Viçosa. **Resumos, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1995. P.1334-1335.

OLIVEIRA, F.C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 90p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, F. C.; MARQUES, M. O.; BELLINGIERI, P. A.; PERECIN, D. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, p. 360-367, 1995.

OLIVEIRA, F.C.; MATIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R. & ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:505-519, 2002.

OUTWATER, A. B. **Reuse sewage sludge and minor wastewater residuals**. Saint Louis: Lewis Publishers, 1994. 179 p.

PARKS, W. L. & WHITE, J. L. Boron retention by clay humus systems saturated with various cations. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 1952.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; FURLANI, M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas : Instituto Agronômico, 1996. 285 p

RAMOS, S. I.P. **Sistematização técnico-organizacional de programas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos em municípios do Estado do Paraná**. Curitiba, 13/08/2004, 211 f. Dissertação (mestrado em Engenharia

Ambiental), Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná.

ROS, C. O.; AITA, C.; CERETTAM, C. A.; FRIES, M. R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 257-261, 1991.

ROS, C.O. da; AITA, C.; CERETTA, C.A.; FRIES, M .R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-preta-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.257-261, 1993.

SAABYE, A.; KRÜGER, A. S.; SCHWINNING, H. G. **Treatment and beneficial use of sewage sludge in the European Union**. WEF Conference, 1994.12 p.

SAEG – **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes – UFV – Viçosa, 2007.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, CA. Características agrotecnológicas, teores de nutrientes e de metais pesados em cana-de-açúcar (soqueira), cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 25**, 1995, Viçosa.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEIXE, C.A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1-8, 1998.

SILVA, L.M.V. & PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. **Ener. Agric.**, 14:13-24, 1999.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-

Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, maio 2001.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I — Efeito na produção de milho e adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:487-495, 2002.

SOUZA, C.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M.; GALVÃO, J.C.C.. Uso do lodo primário da indústria de celulose e papel em povoamentos de eucalipto. In: XXII REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Manaus, 1996. **Resumos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. P.537-538.

TOMÉ Jr., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM, P. S.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. 1. ed. São Paulo: SABESP, 2001. p. 89-131.

WEBBER, M. D.; SHAMESS, A. Land utilization of sewage sludge : a Discussion Paper. Toronto : Expert COMMITTEE on Soil and Water Management, 1984. 48 p.

YANEZ, P.B.; RIOS, G.J.; SANDOVAL, B.F. & COSSIO, F.G. **Materia orgánica y caracterización con coberturas vegetativas en zonas templadas do México**. Terra, 17:139- 148, 1999.