



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
COORDENAÇÃO GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS
AMBIENTAIS**

Maria dos Anjos de Jesus Barros Monteiro Lopes

**INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESGOTO E SEUS
EFEITOS SOBRE ALGUNS ATRIBUTOS DO SOLO
CULTIVADO COM RABANETE
(*Raphanus sativus* L.)**

Recife

2008

Maria dos Anjos de Jesus Barros Monteiro Lopes

**INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESGOTO E SEUS
EFEITOS SOBRE ALGUNS ATRIBUTOS DO SOLO
CULTIVADO COM RABANETE
(*Raphanus sativus* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do título de **Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais**.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Tecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Armanda Saconi Messias

Co-orientador: Prof. Dr. Valdemir Alexandre dos Santos

Recife

FEVEREIRO/2008

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Arminda Saconi Messias - Orientadora
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, Recife-PE

Profa. Dra. Kaoru Okada
UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, Recife-PE

Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife-PE

Aquilo que o coração amou é eterno.
À minha Mãe, Luisa Barros Soares (*in memoriam*),
dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus, meu porto seguro, por estar sempre presente na minha vida.

Ao meu pai Elias e a minha mãe Luisa (*in memoriam*) por terem acreditado na minha capacidade, e que não mediram esforços em investir e contribuir para minha formação profissional.

Aos familiares que entenderam os momentos da minha ausência.

À minha cunhada e irmã Goreth, pelo enorme apoio e contribuição à minha formação.

Aos meus queridos sobrinhos Deina, Dhennys e Dimas, que são razão e motivo para minha longa jornada, esperando que estes se espelhem na grandeza de serem seres humanos melhores e capazes de cuidar uns dos outros na caminhada da vida.

O meu agradecimento especial ao amigo Victor Fidalgo pelo apoio, carinho e confiança.

Às minhas amigas Fabiana, Nayara e Cintya, pelo amor e por estarem presentes nas horas boas e nas difíceis também.

À Sarita e Kiki, pela força, companheirismo e convivência saudável.

À minha orientadora Arminda Saconi Messias pela orientação, sugestões, dedicação durante todas as fases do desenvolvimento deste trabalho e pelos valiosos ensinamentos.

Ao professor Valdemir Alexandre dos Santos, pelo valioso ensino, principalmente na análise estatística.

A doce professora Alexandra Amorim Salgueiro, pela lição de vida e carinho.

Ao professor Jorge Cândido de Lima, pelo incentivo nos momentos difíceis.

Ao professor Sergio Carvalho de Paiva, pela colaboração nas análises laboratoriais.

Aos funcionários da Biblioteca Central, Secretaria do Mestrado, Laboratório de Química Analítica (Prof Sergio Paiva) e Sr Moacir Vieira da Silva (apoio informático) da UNICAP, os meus melhores agradecimentos.

À Rede CCI/FIUC, pela oportunidade de desenvolver o projeto.

À Comunidade Famílias Unidas de Camaragibe, ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA e aos responsáveis pela Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Pernambuco - ETE/TIP, pelo espaço físico, apoio técnico e resíduo sólido.

As minhas novas amigas Vanessa Natalia de Lima e Marthyna da Silva Bezerra, pelo precioso apoio nas análises laboratoriais.

A todos os professores e à Coordenadora do Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, os meus sinceros agradecimentos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	vi
SUMÁRIO	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
RESUMO	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO 1	15
1.1 Introdução.....	15
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 Objetivo Geral.....	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 Revisão de Literatura.....	19
1.3.1 A matéria orgânica do solo (MOS).....	19
1.3.1.1 Efeitos da adubação orgânica no solo.....	21
1.3.1.1.1 Propriedades físicas.....	22
1.3.1.1.2 Propriedades químicas.....	23
1.3.1.1.3 Propriedades biológicas.....	24
1.3.2 Resíduo sólido.....	25
1.3.3 Lodo de esgoto.....	28
1.3.4 Metais pesados.....	30
1.3.4.1 Metais pesados no lodo de esgoto.....	33
1.4 Solos.....	36
1.4.1 Argissolo (antigo Podzólico	38

1.5 Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.) cultivar cometo.....	40
1.6 Referências.....	43
CAPÍTULO 2	52
Influência do lodo de esgoto em características físico-químicas do solo cultivado com rabanete.....	52
Resumo.....	52
Abstract.....	53
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	55
Resultados e Discussão.....	58
Agradecimentos.....	62
Conclusões.....	62
Referências.....	63
CAPÍTULO 3	73
EFEITO DE DOSES DE LODO DE ESGOTO NA PRODUTIVIDADE DO RABANETE EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	73
RESUMO.....	73
SUMMARY.....	74
INTRODUÇÃO.....	74
MATERIAL E MÉTODOS.....	76
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
CONCLUSÕES.....	80
AGRADECIMENTOS.....	80
LITERATURA CITADA.....	80
ANEXOS	87
Capítulo 2: INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB – Pesquisa Agropecuária Brasileira.....	87
Capítulo 3: Diretrizes para autores da Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT).....	96

LISTA DE FIGURAS

		Página
CAPÍTULO 1		
Figura 1	Argissolo Vermelho (antigo Podzólico Vermelho-Amarelo).....	39
CAPÍTULO 2		
Figura 1	Potencial hidrogeniônico - pH (a), condutividade elétrica - CE (b), fósforo disponível - P (c) e matéria orgânica - MO (d) do solo tratado com lodo de esgoto.....	70
Figura 2	Teores de cálcio (a), magnésio (b), potássio (c) e alumínio (d) trocáveis do solo, em função das doses de lodo de esgoto aplicadas.....	71
Figura 3	Soma de bases - S, capacidade de troca de cátions - CTC e saturação por bases - V do solo para os tratamentos com doses de lodo de esgoto.....	72
CAPÍTULO 3		
Figura 1	Experimento das variáveis dependentes em relação aos tratamentos com 0, 25, 50 e 75 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto + 25 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado. (a) número de folhas por planta - NFP; (b) altura de plantas - AP; (c) diâmetro de raiz - DR; e (d) produção de tubérculo	86

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 1

Tabela 1 Principais efeitos da matéria orgânica nos solos cultivados.....	26
Tabela 2 Classificação dos elementos de acordo com sua toxicidade.....	31
Tabela 3 Concentração de alguns elementos metálicos na crosta terrestre.....	32
Tabela 4 Concentração de metais pesados em resíduos orgânicos, fertilizantes minerais e produtos utilizados na agricultura.....	35
Tabela 5 Concentrações máximas admissíveis de substâncias inorgânicas no lodo e nos solos que recebem lodo.....	37
Tabela 6 Valor nutricional para cada 100 gramas do rabanete cru.....	42

CAPÍTULO 2

Tabela 1 Características químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Pernambuco - ETE / TIP, Recife, Pernambuco	69
Tabela 2 Respostas do teste t na comparação entre a dose correspondente a 25 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto - LE e a equivalente a 25 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado – LEV	69

CAPÍTULO 3

Tabela 1 Características químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Pernambuco - ETE / TIP, Recife, Pernambuco	83
Tabela 2 Valores médios referentes a número de folhas por planta - NFP, altura de plantas - AP (cm), diâmetro de raiz - DR (cm) e produção de tubérculo - PT (t/ha), obtidos aos 30 dias após a semeadura do rabanete, cultivar Cometo.....	84
Tabela 3 Respostas do teste t na comparação entre a dose correspondente a 25 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto - LE e a equivalente a 25 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado – LEV.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca ²⁺	Cálcio
Cd	Cádmio
C / N	Relação carbono / nitrogênio
Co	Cobalto
CO ₂	Dióxido de carbono
COOH	Radical carboxílico
Cr	Crômio
Cu	Cobre
g dm ⁻³	Grama por decímetro cúbico
H ₂ O	Água
k	Coeficiente de permeabilidade
m	metro
Mg ha ⁻¹	Mega - grama por hectare
mm	Milímetro
Ni	Níquel
NO ₃ ⁻	Nitrato
NPK	Nitrogênio-Fósforo-Potássio (N - P ₂ O ₅ - K ₂ O)
OH – fenólico	Radical hidroxílico – fenólico
Pb	Chumbo
PO ₄ ⁻³	Fosfato
SO ₄ ⁻²	Sulfato
t/ha	Tonelada por hectare
Zn	Zinco

LISTA DE ABREVIATURAS

AF	Ácido Fúlvico
AH	Ácido Húmico
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
EVA	Evapotranspiração Anual
IPA	Instituto Agronômico de Pernambuco
LE	Lodo de Esgoto
MOS	Matéria Orgânica do Solo
NBR	Norma Brasileira de Registro
PA	Precipitação Anual
pH	Potencial Hidrogeniônico
TIP	Terminal Integrado de Passageiros de Pernambuco

RESUMO

O lançamento de poluentes no ambiente tem estado sobre severo controle nos países desenvolvidos e vem crescendo a importância dada ao problema nos países em desenvolvimento, como o Brasil e Cabo Verde. Uma alternativa viável para a destinação de resíduos é a sua aplicação na agricultura, como condicionante do solo, podendo se tornar relevante do ponto de vista econômico e ambiental. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos causados pelo uso do lodo de esgoto em solo cultivado com rabanete (*Raphanus sativus* L.). O trabalho foi conduzido em área experimental situada na Comunidade Famílias Unidas, no bairro de Santa Mônica, município de Camaragibe, Pernambuco, Brasil, em solo ARGISSOLO VERMELHO Distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos (zero, 25, 50 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto mais 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado com a Vermelha da Califórnia – *Eisenia foetida*) e três repetições. Os canteiros de alvenaria mediram 1 m de largura por 6 m de comprimento e 0,20 m de profundidade, com 21 fileiras espaçadas de 0,35 m entre fileiras e 0,15 m entre plantas. A colheita do rabanete foi realizada 30 dias após semeadura, observando-se, após análise estatística, uma produção em torno de 18 t/ha na dose equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto. Os demais parâmetros analisados também responderam de acordo com os limites da legislação à presença do lodo de esgoto.

Palavras-chave: resíduo sólido, solo, produtividade, atributos físico-químicos.

ABSTRACT

The release of pollutants in the environment has been under severe control in developed countries. In developing countries like Brazil and Cabo Verde this control has also been increasing. A viable alternative for the purpose of this waste is its application in agriculture as reconditionant soil, thus becoming important from the economic and environmental points of view. This study aimed to evaluate the effects caused by the use of sewage sludge on land cultivated with radish (*Raphanus sativus* L.). The work was conducted in an experimental area located in the United Families Community, in the district of Santa Monica, City of Camaragibe, Pernambuco, Brazil, using Dystrophic RED ARGISOIL soil. A randomized block experimental design with five treatments (zero, 25, 50 and 75 Mg ha⁻¹ of sewage sludge and 25 Mg ha⁻¹ of humus California red - *Eisenia foetida*) and three repetitions was used. The masonry plots measured 1 m wide, 6 m long and 0.20 m deep, with 21 rows spaced between rows of 0.35 m and 0.15 m between plants. The harvest of the radish was held 30 days after sowing. It was observed, after statistical analysis, a production of around 18 t / ha in the dose equivalent to 25 Mg ha⁻¹ of sewage sludge. The other examined parameters had also a positive behaviour in the presence of sewage sludge.

Keywords: solid waste, soil, productivity, physical-chemical attributes.

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

Um dos mais sérios problemas ecológicos enfrentados pela humanidade é a poluição ambiental por resíduos gerados na fabricação de bens, os quais, muitas vezes, são acumulados no ambiente sem qualquer tratamento que possibilite sua reciclagem ou destino final adequado. A todo instante, toneladas de resíduos são despejados no ambiente; em muitos casos, estes resíduos têm propriedades indesejáveis, trazendo sérios riscos à saúde pública e aos ecossistemas (BORGES DE CASTILHOS, 2003).

O lançamento de poluentes no ambiente tem estado sobre severo controle nos países desenvolvidos e vem crescendo a importância dada ao problema nos países em desenvolvimento, como o Brasil e Cabo Verde. O maior volume destes resíduos tem origem no lixo e nos esgotos doméstico e industrial. O tratamento do esgoto gera um resíduo sólido, em quantidades variáveis, rico em matéria orgânica e em nutrientes, denominado lodo de esgoto (NASCIMENTO et al., 2004).

O lodo de esgoto (LE), subproduto gerado nas estações de tratamento de esgotos urbanos e industriais, tem sido objeto de estudo por pesquisadores de diversas áreas (FERREIRA, 2008; SILVA, 2008; BARBOZA, 2007; MESSIAS et al., 2006). Este material constitui hoje um sério problema com o aumento da população urbana que traz, como consequência, o crescimento do volume de esgoto sanitário coletado pelas redes de captação das cidades. Atualmente, as perspectivas de desenvolvimento e a expectativa de incremento da produção de lodo pela ampliação da rede de coleta e tratamento de esgoto caracterizam a questão como um dos mais graves passivos ambientais urbanos no Brasil. Não se dispõe de dados consistentes referentes à produção de lodo, sendo que para os resíduos sólidos são estimados em 100 milhões de toneladas por ano, incluindo o lodo de

esgoto (SEAE, 2008). Portanto, a destinação final inadequada desse resíduo pode ocasionar sérios problemas de poluição ao ambiente, causando a disseminação de doenças e a contaminação do lençol freático e das águas superficiais por elementos potencialmente tóxicos (metais pesados), bem como por nitrato e fosfato (PEDROZA et al., 2003).

Dessa forma, o uso de lodo de esgoto na agricultura está sendo indicada como uma das alternativas para minimizar o risco ambiental, bem como para garantir a reciclagem de nutrientes, desde que se disponha de informações básicas sobre as propriedades adquiridas pelo solo ao interagir com os resíduos, principalmente em condições tropicais, em que os estudos são escassos (BOEIRA; SOUSA, 2007; OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001). O uso do LE na agricultura constitui uma alternativa de melhoramento da estrutura do solo, pois fornece matéria orgânica, macro e micronutrientes para as plantas, atuam como condicionador e potencializador de nutrientes, função principalmente do conteúdo orgânico do resíduo, podendo até substituir parte da fertilização mineral. Embora a matéria orgânica em solos minerais represente menos de 5 % dos componentes sólidos (SILVA et al., 2002), ela é responsável por cerca de 70 a 80 % da capacidade de troca catiônica (CTC) em solos tropicais. Entretanto, seu uso no solo agrícola necessita de estudos amplos e cuidadosos, pois pode conter contaminantes orgânicos e inorgânicos, dentre estes os metais pesados como cádmio, cobre, níquel, crômio, chumbo e zinco que tende a permanecer no solo por um período indeterminado. O cádmio, por exemplo, pode ter um tempo de meia-vida no solo de até 1.100 anos (NOGUEIRA et al., 2007). Esses metais podem acumular-se na cadeia alimentar e na água, tornando-se tóxicos a microrganismos, plantas e animais (NASCIMENTO et al., 2004).

Conhecidas as características físico-químicas do LE e a existência, ou não, de contaminantes, se podem estudar as alternativas, para eficiência de disposição, viáveis para minimizar desperdícios econômicos e riscos ambientais (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

A reciclagem agrícola do LE é uma alternativa particularmente promissora para Cabo Verde (local de origem da mestrandia). País de clima tropical seco apresenta predominância de solos muito intemperizados, com baixos conteúdos de matéria orgânica e de nutrientes disponíveis. Portanto, não se pode desperdiçar este resíduo, visto que a base economicamente sustentável da população caboverdiana é a agricultura.

Diante desse contexto, o tema desta dissertação é bastante pertinente pois, atualmente, todo o resíduo produzido na Estação de Tratamento de Águas Residuais - ETAR, da cidade da Praia, capital de Cabo Verde, é descartado diretamente no solo, de forma indiscriminada e desorganizada, sem ter sido submetido, preliminarmente, a tratamentos que reduzam sua carga orgânica e promova a estabilização do material (ETAR*, 2008), trazendo conseqüências nefastas ao ambiente e à saúde pública, pois pode causar o desprendimento de maus odores, contaminação de lençol freático e das águas, mortalidade de peixes, além de disseminação de doenças como a cólera, a febre tifóide, a disenteria e a hepatite infecciosa (KARL et al., 1986).

Por todos esses relatos e para contribuir com o descarte final adequado dos resíduos sólidos, avaliou-se a influência do lodo de esgoto nos atributos do solo cultivado, bem como a respectiva produção de rabanete (*Raphanus sativus* L.).

* Comunicação pessoal junto à Estação de Tratamento de Águas Residuais - ETAR, da cidade da Praia, capital de Cabo Verde.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência do lodo de esgoto nos atributos de fertilidade do solo cultivado com rabanete (*Raphanus sativus* L.), cultivar cometo, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e elevação da renda familiar, atendendo aos aspectos econômicos, sociais e de preservação do meio ambiente.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o lodo de esgoto e o solo quanto aos aspectos físico, químico e de fertilidade.
- Avaliar o efeito da adição de lodo de esgoto sobre propriedades físico-químicas de solo cultivado com rabanete.
- Avaliar a eficiência do lodo de esgoto no desenvolvimento do rabanete.

1.3 Revisão de Literatura

1.3.1 A matéria orgânica do solo (MOS)

O solo apresenta quatro fases, que são a sólida, a líquida, a gasosa e a biológica. A interação dessas fases é que torna possível o desenvolvimento de vegetais no solo, graças a um conjunto de propriedades e processos que permitem a retenção de água e nutrientes, e sua liberação às raízes.

A matéria orgânica aparece no solo natural como consequência da atividade dos seres vivos e está constituída, de maneira geral, pela mistura de microrganismos e resíduos de vegetais e animais superiores. Em condições naturais, copas e raízes de árvores, arbustos, gramíneas e outras plantas nativas fornecem, anualmente, grandes quantidades de resíduos orgânicos. Uma boa proporção das plantas é, geralmente, removida dos solos cultivados. Todavia, um décimo a um terço delas e, a totalidade das suas raízes, são neles deixados. À medida que estes materiais são decompostos e digeridos pelos diversos tipos de organismos do solo, transformam-se em fração dos horizontes, mediante infiltração ou incorporação física real. Assim, os tecidos das plantas superiores são as fontes primárias, não só de alimentos para os diversos organismos, como também da matéria orgânica, que é essencial à formação do solo (BRADY, 1989).

Os animais são considerados como fontes secundárias de matéria orgânica, devido à sua menor biomassa, em comparação com os vegetais. À medida que atacam os tecidos originais das plantas, contribuem com produtos residuais e deixam seus próprios corpos, quando se consumam os seus desenvolvimentos cíclicos (KIEHL, 1993).

Segundo Terron (1995), nos solos cultivados ocorre adição de matéria orgânica de origem e características muito diversas, que se somam aos resíduos naturais. A matéria orgânica fresca, pouco ou nada decomposta, sofre uma primeira evolução que a transforma em húmus (humificação) para, numa segunda etapa (mineralização), continuar se decompondo até converter-se em elementos minerais (CO_2 , H_2O , NO_3^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , etc.).

Os microrganismos para manterem ativo o processo de decomposição dos nutrientes orgânicos exigem, além do substrato orgânico, uma quantidade mínima de outros elementos necessários à sua constituição celular. Portanto, suas maiores necessidades são o carbono, como fonte de energia, e o nitrogênio, como importante formador da estrutura celular (KIEHL, 1993).

Deve-se considerar que, a todo o momento, coexistem no solo os dois processos: humificação e mineralização. A resultante determinará o equilíbrio húmico do solo. A velocidade de humificação e de mineralização e, em consequência, do equilíbrio húmico do solo depende da atividade biológica que, por sua vez, é função de condições climáticas (temperatura e umidade), edáficas (porosidade, textura, estrutura, permeabilidade, pH, conteúdo de elementos minerais, etc.) e de cultivo (alternativas de cultivo, práticas conservacionistas, irrigação, fertilizantes, defesa contra a erosão, etc.), conforme a opinião de Terron (1995).

A parte orgânica do solo compreende uma variedade de substâncias, que vão desde resíduos parcialmente decompostos até um material de composição indefinida, com teor aproximado de 58 % de carbono, conhecida como húmus. O solo é uma entidade viva, com uma intensa vida microbiana que não se vê. Esta vida microbiana é responsável pela formação dos produtos que constituem a parte orgânica do solo (COSTA, 1986). A biomassa microbiana é, também, considerada a fração ativa da matéria orgânica, onde toda a decomposição e síntese das substâncias orgânicas são realizadas pela microbiota.

Esta matéria é usualmente classificada como substância húmica, também chamada de húmus, e substância não húmica. Sua diferenciação reside no fato de que as substâncias não húmicas são de natureza definida, como por exemplo, aminoácidos, carboidratos, proteínas e ácidos orgânicos, ao passo que as substâncias húmicas são de estrutura química complexa que compõem um grupo de compostos heterogêneos (STEVENSON, 1994).

Pelo fato das substâncias húmicas possuírem uma natureza heterogênea e complexa, uma grande variedade de conceitos pode ser encontrada na literatura. Segundo Barros (1991), o húmus é definido como a parte da matéria orgânica que, após várias transformações, permanece no ambiente, consistindo de uma mistura heterogênea, polifuncional e em diferentes graus de polidispersão. Kiehl (1985) definiu o húmus como um material transformado biologicamente em uma substância escura, de coloração variando de cinza escuro a preta intensa, uniforme, insolúvel em água, com consistência amanteigada e aspecto de massa amorfa, apresentando propriedades coloidais, proporcionando, a esse novo material formado, propriedades físicas, químicas e físico-químicas inteiramente diferentes da matéria-prima original.

Segundo Stevenson (1994), as substâncias húmicas são, usualmente, divididas em três principais frações: (a) ácido húmico (AH), solúvel em meio alcalino diluído e precipitado por acidificação do extrato alcalino; (b) ácido fúlvico (AF), solúvel em meio ácido e alcalino; e, (c) humina, fração húmica que não pode ser extraída do solo por ácido ou base diluído.

As frações das substâncias húmicas são similares em estruturas, mas diferem em suas reações. A reatividade das substâncias húmicas é, principalmente, causada pelo alto teor de grupos funcionais que contém oxigênio, incluindo COOH, OH - fenólico, C=O das quinonas, hidroquinonas e outros.

Portanto, muito mais importante que o valor absoluto que indica o conteúdo de matéria orgânica do solo, é a velocidade com que esta se transforma e, o equilíbrio entre a humificação e a mineralização. Assim, é de fundamental importância conhecer os fatores que condicionam os processos de humificação e de mineralização da matéria orgânica do solo, determinar o equilíbrio húmico dos solos cultivados, e conservar, ou corrigir, o estado húmico do solo mediante os adequados aportes de compostos orgânicos em forma de adubos (TERRON, 1995).

1.3.1.1 Efeitos da adubação orgânica no solo

A recomendação de fertilizantes orgânicos na agricultura brasileira é uma prática antiga, mas a intensidade de utilização tem sido relativamente pequena no período de 1950 a 1980, devido à intensificação da fertilização mineral ou química. O aumento das pesquisas com fertilizantes químicos, cujos efeitos imediatos sobre a produtividade eram marcantes, reduziu, consideravelmente, os trabalhos com adubação orgânica. A crise do petróleo e a recessão econômica mundial despertaram, novamente, o interesse pelo assunto, como forma alternativa de substituir insumos cada vez mais caros. Conseqüentemente, demandas por informações a respeito da fertilização orgânica vêm crescendo rapidamente no País (KIEHL, 1985).

As informações disponíveis sobre adubos orgânicos, dão ênfase ao efeito da aplicação de esterco de bovinos e aves, fertilizantes verdes, principalmente leguminosas, em culturas de café, milho, feijão, arroz, cana-de-açúcar, citros e abacaxi. A utilização de outras fontes, como os resíduos urbanos e industriais, recebe atenções esporádicas, em função da disponibilidade e de interesses localizados. Trabalhos com lodo de esgoto, lixo compostado, bem como a vinhaça tomaram impulsos, em função da crise energética e problemas ambientais causados por alguns desses produtos (MESSIAS; MORAES, 1992).

A maioria dos trabalhos tem buscado verificar o efeito dos adubos orgânicos sobre a produtividade, comparando-se, em geral, com fertilização mineral completa (NPK) ou incompleta, incluindo corretivos do solo. Com raras exceções, a maioria dos estudos mostra efeitos da fertilização, tanto mineral como orgânica, em relação à testemunha, mas as

diferenças entre fertilizantes minerais e orgânicos são variáveis, conforme as características do solo, doses de fertilizantes, culturas e local de estudo. De acordo com estudos realizados, os resultados esperados com fertilização orgânica e mineral, isoladamente, podem ser representados por uma curva do tipo quadrática, em que a produção relativa cresce com a dose (CAETANO; CARVALHO, 2006; SOUZA et al., 2006; CONCEIÇÃO et al., 2005; MOREIRA; COSTA, 2004; MALAVOLTA, 1981). A aplicação de compostos orgânicos de forma contínua eleva o nível de nitrogênio ao ponto de tornar dispensável a sua aplicação na forma de fertilizante químico. Em solos pobres, a incorporação de matéria orgânica poderá aumentar, consideravelmente, o seu potencial de produtividade.

A eficiência dos fertilizantes orgânicos para melhorar a produtividade do solo depende de alguns fatores que devem ser considerados: (a) qualidade e quantidade de aplicação; (b) épocas e condições de utilização; (c) métodos de aplicação; (d) adequabilidade aos sistemas agrícolas predominantes na região; (e) e principalmente, o custo relativo de sua utilização. A matéria orgânica favorece o aumento da produção, ao melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MESSIAS, 1993).

1.3.1.1.1 Propriedades físicas

Sobre as propriedades físicas do solo, a ação do húmus se manifesta nos seguintes aspectos: um dos efeitos mais importantes que ocorre com a incorporação do material orgânico é a formação e estabilização dos agregados no solo, melhorando as condições de aeração e infiltração da água. A propriedade que tem os componentes do húmus - ácidos poliurônicos - em formar complexos com a argila, possibilita a formação dos agregados, pequenos torrões ou grumos, estáveis e resistentes à erosão. Muitos estudos têm sido conduzidos nesse sentido, demonstrando que os microrganismos desempenham um papel importante no processo, pela produção de substâncias que ligam as partículas do solo. A estabilidade dos agregados depende das condições e tipo de material orgânico utilizado, atividade microbiana, pH, elemento químico inorgânico presente, processos de umedecimento e secagem do solo, cultivo, etc. A agregação do solo, geralmente, contribui para o aumento no volume de macroporos e diminuição no de microporos. Em solos argilosos, o aumento no volume de macroporos é vantajoso pela melhoria da estrutura e aeração, favorecendo o desenvolvimento radical. A agregação das partículas aumenta a porosidade e a aeração e, diminui a densidade do solo (MELO; MARQUES, 2000; TERRON, 1995; MESSIAS, 1993; SANTOS, 1983).

A adubação orgânica é, ainda, um fator importante na conservação e uso eficiente da água pelas plantas, pelo aumento da retenção de umidade no solo, principalmente às baixas tensões, ocorrendo um aumento consideravelmente maior no valor da capacidade de campo, em relação ao ponto de murcha permanente. O seu efeito pode ser de várias maneiras: melhorando a infiltração e a drenagem em solos de textura argilosa e diminuindo as perdas por evaporação. Estes fatores condicionam um melhor desenvolvimento do sistema radical pelo maior volume de água disponível e, conseqüentemente, aumentam a produção por unidade de água evapotranspirada (KIEHL, 1993; MESSIAS, 1993).

De acordo com Kiehl (1993), a matéria orgânica é má condutora de calor; com isso, a temperatura do solo não sobe muito (terreno sem matéria orgânica pode ter um aumento de temperatura de até 30 °C num período de 24 horas, enquanto que com matéria orgânica, mantidas todas as outras condições, o aumento não passará de 10 °C). Isso é importante porque altas temperaturas prejudicam a maioria das plantas cultivadas, secando-as ou fazendo gastar muita energia ao absorver água.

1.3.1.1.2 Propriedades químicas

Os efeitos da matéria orgânica nas propriedades químicas do solo têm sido bastante estudados. A maior ou menor quantidade de húmus proveniente da decomposição orgânica apresenta marcada influência na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Na prática, isso significa maior resistência do solo às mudanças de pH (poder tampão), melhor aproveitamento do fertilizante e maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (SIMONETE, 2001; MESSIAS, 1993).

Outro fator importante da matéria orgânica no solo é a formação de complexos organometálicos, solúveis e insolúveis. Os íons cobre, zinco, manganês, cobalto e outros metais, apresentam a propriedade de formar ligações de coordenação com moléculas orgânicas. Os compostos orgânicos de baixo peso molecular (ácido fúlvico) solubilizam os íons metálicos, afetando a mobilidade e o transporte para a zona das raízes. Em contraste, os de elevado peso molecular (ácido húmico) funcionam como reservatório de cátions polivalentes. A formação desses complexos, conhecidos como quelatos, apresenta os seguintes efeitos no solo, que vão depender da natureza e condições do complexo formado e, do número de elétrons doados: (a) transporte de metais nos processos de pedogênese (formação do solo) e de lixiviação; (b) disponibilidade de micronutrientes para as plantas e

microrganismos; (c) diminuição da toxicidade de alguns metais; e, (d) aumento da resistência do húmus à decomposição (MALAVOLTA, 1981).

O húmus, também, pode reagir com outros compostos orgânicos, como os pesticidas (principalmente herbicidas), tornando-os menos ativos no solo e influenciando nas suas propriedades (MESSIAS, 1993). Estudos têm mostrado que a interação das substâncias húmicas com compostos orgânicos antropogênicos pode ocorrer por meio do efeito hidrofóbico e de interações do tipo van der Waals, cujas intensidades são influenciadas pela proporção entre a fração aromática e a fração alifática das substâncias húmicas (ALMENDROS, 1995; MURPHY et al., 1994).

Qualquer que seja o resíduo orgânico, uma vez no solo, passa por transformações microbiológicas liberando, ou fixando, o nitrogênio, o fósforo, o enxofre, os micronutrientes, na biomassa e, posteriormente, incorporando-o ao húmus. A mineralização da forma orgânica constitui um importante fator para se conhecer a disponibilidade do nitrogênio para o crescimento normal das plantas. Os ácidos formados na decomposição da matéria orgânica (carbônico, nítrico, sulfúrico, cítrico e outros) atacam os calcários e fosfatos, liberando cálcio, fósforo, enxofre e outros nutrientes para o solo e para as plantas (GOMES et al., 2007; TERRON, 1995; MESSIAS, 1993; MALAVOLTA, 1981).

O húmus e a argila são partículas coloidais eletronegativas, provocando, em solução, o fenômeno físico-químico da eletroforese (anaforese) que consiste numa retenção eletrostática do cátion, denominada adsorção. O húmus deve sua capacidade de adsorção, principalmente, aos grupos carboxílicos e fenólicos. A elevada capacidade de adsorção do húmus em relação à caulinita, argila que ocorre na maioria dos solos brasileiros, se deve à sua grande superfície específica que é igual a $700 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (POMBO, 1995; KIEHL, 1985).

1.3.1.1.3 Propriedades biológicas

Sobre as propriedades biológicas dos solos, o húmus tem uma ação decisiva nos seguintes aspectos: o húmus é um composto amorfo da fração orgânica do solo, derivado, fundamentalmente, das plantas superiores que se decompõem pela ação dos microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos). Os microrganismos ativos na decomposição de resíduos vegetais e animais utilizam esses materiais para formação e multiplicação de suas células, aumentando a biomassa, a qual é incorporada como parte dos compostos orgânicos do solo (a biomassa não ultrapassa mais do que 4 % do total de material orgânico do solo), segundo Malavolta (1981).

É fato conhecido que as plantas cultivadas em solos fertilizados com matéria orgânica são mais resistentes às pragas e às doenças. Por exemplo, a mucuna-preta e o esterco fazem diminuir muito a população de nematóides nocivos; e, também, formigas cortadeiras se afastam das hortas onde se usa composto orgânico. As descobertas nesse campo são novas, mas já indicam que a matéria orgânica produz substâncias que aceleram o crescimento das plantas e outras que funcionam como antibióticos (TERRON, 1995; MESSIAS, 1993; MALAVOLTA, 1981).

Na Tabela 1, resumem-se os principais efeitos da matéria orgânica no solo. É necessário dizer que os diferentes tipos de húmus contribuem de maneiras diferentes para esses efeitos. Em geral, quanto mais avançado o nível de humificação (relação C/N mais baixa) mais próximos estarão seus efeitos aos assinalados na referida Tabela (TERRON, 1995).

Uma maneira de se diminuir a queda do teor de matéria orgânica e a degradação do solo e, portanto, preservar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, é através de um melhor aproveitamento dos recursos naturais do local a ser utilizado, que compreendem as práticas integradas de manejo e conservação do solo (controle da erosão) somadas aos sistemas de consórcio e rotação de culturas e a um manejo orgânico do solo (COSTA, 1986).

1.3.2 Resíduo sólido

Desde meados dos anos 60, um novo jargão técnico foi adotado pelos sanitaristas, que passaram a utilizar a designação resíduo sólido para o nome próprio lixo. A palavra resíduo deriva do latim *residuu*, significando aquilo que resta de qualquer substância. Logo, porém, foram adjetivadas de sólido para diferenciar dos restos líquidos (efluentes) lançados com os esgotos domésticos e das emissões gasosas das chaminés à atmosfera (ABNT, 2004; ROCHA, 1993).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1987a) define como resíduo sólido, “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, incluindo nesta definição os lodos provenientes de estações de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como de determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede

TABELA 1 Principais efeitos da matéria orgânica nos solos cultivados

PROPRIEDADES DO SOLO	EFEITOS DA MATÉRIA ORGÂNICA HUMIFICADA
FÍSICAS	<p>Aumento da capacidade calorífica Solos mais quentes na primavera Redução das oscilações térmicas Agregação de partículas elementares Aumenta a estabilidade estrutural Proporciona coesão nos solos arenosos Aumenta as permeabilidades hídrica e gasosa Solos menos encharcados Facilita a drenagem Reduz a erosão Aumenta a capacidade de retenção hídrica Reduz a evaporação</p>
QUÍMICAS	<p>Melhora o balanço hídrico Aumento do poder tampão Regula o pH Aumenta a capacidade de troca catiônica Mantêm os cátions em formas trocáveis Formação de fosfohumatos Formação de quelatos</p>
BIOLÓGICAS	<p>Mantêm as reservas de nitrogênio Favorece a respiração radical Favorece a germinação das sementes Regula a atividade microbiana Fonte de energia para os microrganismos heterotróficos Modifica a atividade enzimática Melhora a nutrição mineral dos cultivos Ativa a rizogênese Favorece a solubilização de compostos minerais Inibe o efeito de algumas toxinas Favorece o estado sanitário dos órgãos subterrâneos</p>

FONTE: Terron (1995)

pública de esgotos ou corpos de água, ou que exijam para isso soluções tecnicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível”.

O avanço tecnológico, a diversidade de matérias-primas e de variadas formas de energia, induziram ao uso de adjetivações e especificações como resíduo sólido radioativo ou lixo atômico, resíduo sólido urbano ou lixo urbano, resíduo sólido industrial ou lixo industrial, e outros.

Os resíduos sólidos são classificados, conforme a Norma Brasileira Registrada - NBR 10.004, em perigosos (classe I), não inertes (classe II) e inertes (classe III), de acordo com sua periculosidade e suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade. Essa classificação está baseada na análise do lixiviado (NBR 10.005) e do solubilizado (NBR 10.006) nas amostras de resíduos coletadas, segundo NBR 10.007 (ABNT, 1987 a, b, c, d).

Apesar de não existirem soluções definitivas para a disposição final de resíduos sólidos, a mais utilizada é o aterro que, segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB (1993), é definido como “um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente o lixo domiciliar, que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite uma confinamento segura, em termos de controle da poluição ambiental e proteção ao meio ambiente”.

Como alternativa, está surgindo, ainda a nível experimental, a possibilidade de emprego do resíduo sólido na agricultura, após a devida compostagem. Esta prática, além de solucionar um problema sério de ordem sanitária, proporciona a produção de um adubo orgânico de qualidade, isento de patógenos, que se conhece pelo nome de composto urbano (FERREIRA, 2008; SILVA, 2008; BARBOZA, 2007; SANGOI et al., 2007; SOITO, 2007; MESSIAS et al., 2006; SILVEIRA, 2001; FISCH, 1992).

A compostagem é definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma colônia mista de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira, quando ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas predominantemente termofílicas; a segunda, ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação. O período de compostagem depende do processo utilizado e do tipo de material a ser compostado. Geralmente, varia de 25 a 35 dias para a primeira fase e de 30 a 60 dias para a segunda (MESSIAS; MORAIS, 1996; MESSIAS et al., 1996; PEREIRA NETO, 1989).

Com relação à presença de elementos potencialmente tóxicos, a Legislação norte-americana estabelece (CETESB, 1980) que, nos casos em que a concentração destes metais no lixiviado ultrapassem $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, os resíduos deverão ser dispostos em aterros industriais com as seguintes características: (a) existência de uma camada de solo argiloso

(coeficiente de permeabilidade $K \leq 10^{-7} \text{ cm s}^{-1}$) de, no mínimo, 3,0 m de espessura, diretamente sob a superfície do aterro; (b) distância mínima de 4,5 m entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível histórico do lençol freático (coeficiente de permeabilidade máxima $K = 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$); e, (c) evapotranspiração anual na área selecionada (EVA) maior que a precipitação anual (PA), tal que $EVA > PA + 500 \text{ mm}$.

1.3.3 Lodo de esgoto

O lodo de esgoto (LE) ou torta é um resíduo de origem urbana e ou industrial resultante do tratamento de efluentes, apresentando composição bastante variável. As diferenças encontradas variam com o tipo de processo empregado (primário, lodo bruto produzido nos decantadores primários; lodo ativado, produzido em reatores biológicos; e lodo digerido, processo de estabilização biológica), com a localização fisiogeográfica das Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs (que refletem os hábitos alimentares da população), com o balanço de nutrientes dos alimentos consumidos, com a época do ano e com a descarga de resíduos (SAITO, 2007; TSUTIYA, 2000; VIDOR, 1999).

De acordo com Bettiol & Camargo (2000) em função da origem e do processo de obtenção utilizado, o lodo de esgoto apresenta composição muito variável, sendo um material ainda rico em matéria orgânica (40 a 60 %), em nitrogênio e em alguns micronutrientes como ferro, cobre, zinco e manganês. Um lodo de esgoto típico contém 40 % de matéria orgânica, 4 % de nitrogênio, 2 % de fósforo e 0,4 % de potássio.

Quando existe possibilidade de caleação (esterilização com sulfato/carbonato de cálcio) no processo da ETE, o produto resultante passa a ser o biossólido. Portanto, biossólido é o nome dado ao lodo resultante do tratamento de esgoto, com características que permitam sua reciclagem de maneira racional e ambientalmente segura. O termo biossólido foi criado e divulgado em todo mundo para incentivar o uso de esgotos como adubos e condicionadores de solo (OLIVEIRA et al., 2005; PIRES, 2005; USEPA, 1999).

Os métodos de disposição mais comuns para o lodo de ETEs são: aterro, incineração, recuperação de terrenos de mineração, digestão em lagoas e uso agrícola (ANDREOLI et al., 2004; HARRIS - PIERCE et al., 1995). Diversos usos alternativos têm sido desenvolvidos, como: agregados leves para construção civil, fabricação de tijolos e cerâmicas, fonte de energia para produção de cimento e conversão do lodo em óleo combustível (TSUTIYA, 2001). Na Europa, a reciclagem e a disposição em aterros sanitários

são as alternativas predominantes, onde são direcionados, para cada uma delas, cerca de 40 % do lodo produzido (DAVIS; HALL, 1997).

A aplicação no solo constitui uma das práticas mais antigas de destino final do esgoto sanitário. As “fazendas de esgoto”, como ficaram conhecidas as primeiras experiências na Inglaterra, no início do século XIX, logo se disseminaram pela Europa e Estados Unidos (BASTOS, 2003). As informações mais conhecidas são as originárias da China. No ocidente sabe-se que na Prússia, a irrigação com efluentes de esgotos era praticada desde 1.560. Na Inglaterra, por volta de 1.800, foram desenvolvidos muitos projetos para a utilização agrícola dos efluentes de esgoto, especialmente em razão do combate à epidemia de cólera. A adoção da prática de uso do solo como meio de disposição do esgoto ou do lodo tem sido freqüente em muitos países (NASCIMENTO et al, 2004).

A utilização do lodo de esgoto como adubo orgânico tem sido mencionada como uma alternativa para o destino final deste resíduo, principalmente pela concentração predominante de matéria orgânica e fonte considerável de nutrientes; como também, pela sua atuação como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BOVI et al., 2007; FARIA, 2007; ANDREOLI et al., 2004).

Além do ponto de vista ambiental e econômico, a utilização do lodo na agricultura é vantajosa, pois confere ao solo maior capacidade de retenção de água, porosidade (aeração das raízes) e estabilidade dos agregados, maior resistência à erosão, efeito residual utilizável para culturas subseqüentes e, possivelmente, induz a supressividade dos solos aos fitopatógenos (BETTIOL; FERNANDES, 2004; SILVA et al., 2002; SANTOS; BETTIOL, 2001; BERTON et al., 1997; POLGLASE; MYERS, 1996; MELO et al., 1994).

Em 29 de agosto de 2006, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprovou a Resolução nº. 375, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento sanitário e seus produtos derivados. Desde a entrada da norma em vigor, as Estações de Tratamento de Esgoto, no Brasil, passaram a contar com um instrumento legal de controle de padrão e de monitoramento, bem como dos cuidados a serem observados ao disponibilizar o resíduo para a agricultura.

O lodo originado da rede de esgoto pode possuir em sua composição materiais altamente preocupantes concernentes à saúde humana e impactantes ao solo. Os riscos associados ao lodo estão relacionados à presença de metais pesados, microrganismos patogênicos e à grande quantidade produzida sem um destino definido (LOPES et al., 2005; LOURENÇO, 1997). Por isso, a Resolução n.375 do CONAMA deixa estabelecida que os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto, para terem aplicação agrícola, deverão ser submetidos a processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores de

moléstias. O texto prevê restrições (provavelmente por falta de resultados experimentais) da aplicação do resíduo em áreas de pastagens e unidades de conservação, em cultivos para consumo "in natura", em plantações que tenham contato com o solo, entre outros.

O lodo urbano, quando tratado, pode eliminar a patogenicidade de vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos (BARBOSA et al., 2007). Entretanto, a possível presença de poluentes como agentes patogênicos e metais pesados são fatores que podem provocar impactos negativos; por isso sua aplicação exige cuidados especiais para que sejam evitados danos à população e ao ambiente.

1.3.4 Metais pesados

Dos 106 elementos conhecidos, 65 deles, excluindo os transurânicos, apresentam caráter metálico. O termo metal designa um elemento que é bom condutor de eletricidade e cuja resistência elétrica é diretamente proporcional à temperatura absoluta. Além destas características, os metais apresentam propriedades físicas, tais como: alta condutividade térmica, alta densidade, maleabilidade e ductibilidade. Tipicamente, os metais são mais densos que os não metais. Segundo Russel (1994), a densidade acima de 5 g dm^{-3} tem sido, freqüentemente, estabelecida para distinguir os metais pesados, que é o conjunto de elementos químicos, e suas formas iônicas, que pertencem aos grupos de transição e não-transição da Tabela Periódica dos Elementos Químicos.

Com o maior conhecimento acerca das influências positivas, ou negativas, de certos elementos sobre plantas, animais e seres humanos, as palavras metais-traço, metais pesados, traços inorgânicos, microelementos e micronutrientes, têm sido usados como sinônimos de elementos-traço (ALLOWAY, 1990 e 1995).

Embora a idéia de metais esteja associada à ação tóxica, nem todos os metais representam risco para o ambiente. Alguns são essenciais para a vida humana e são caracterizados segundo sua função biológica; outros, embora tóxicos, são muito escassos ou seus compostos são insolúveis. Assim, na Tabela 2, pode-se observar a classificação para os elementos químicos, propostos por Wood (1974): (a) não-crítico; (b) muito tóxico e relativamente acessível; (c) tóxico, mas muito insolúvel ou muito raro.

É interessante notar que alguns metais considerados muito tóxicos são também, essenciais à manutenção da vida. Como exemplo, tem-se o cobalto (Co) que é utilizado pelo corpo humano através da vitamina B12, que é um complexo de Co^{3+} ; o cobre (Cu), onde o Cu^{1+} é encontrado em enzimas capazes de transportar oxigênio, utilizada na formação do

sangue; o zinco (Zn) que é o mais abundante dos elementos essenciais, onde o Zn^{2+} ocupa locais de baixa simetria nas enzimas, sendo um constituinte essencial de várias delas, tendo função na síntese e no metabolismo de proteínas e de ácidos nucleicos e, na divisão mitótica das células (LESTER, 1987).

TABELA 2 Classificação dos elementos de acordo com sua toxicidade

Não crítico			Muito tóxico e relativamente acessível			Tóxico mas muito insolúvel ou muito raro	
Na	C	F	Be	As	Au	Ti	Ga
K	P	Li	Co	Se	Hg	Hf	La
Mg	Fe	Rb	Ni	Te	Tc	Zr	Os
Ca	S	Sr	Cu	Pb	Pd	W	Rh
H	Cl	Al	Zn	Ag	Sb	Nb	Ir
O	Br	Si	Sn	Cd	Bi	Ta	Ru
	N			Pt		Re	Ba

FONTE: Wood (1974)

Os metais essenciais tornam-se tóxicos quando o suprimento nutricional é excessivo. De uma maneira geral, pode ser dito que o sub-suprimento conduz à uma deficiência, o suprimento resulta em condições ótimas, mas o sobre-suprimento leva a efeitos tóxicos e à letalidade. Finalmente, é importante destacar que a forma física e química na qual o elemento ocorre no meio ambiente (especiação) pode ser mais importante do que as concentrações do metal total (WOOD, 1974).

Embora a poluição com metais esteja associada à ação antropogênica, a presença deles na crosta terrestre ocorre naturalmente, seja em altas concentrações ou em nível de traços. Na Tabela 3, encontra-se a concentração de alguns elementos metálicos na crosta terrestre, de acordo com Damasceno (1996).

Geralmente, é possível distinguir cinco diferentes fontes (FÖRSTNER; WITTMAN, 1983) de poluição de metais: (a) geológica; (b) efluentes de mineração; (c) efluentes industriais; (d) lixiviação de metais de depósitos de resíduos sólidos; (e) excreção animal ou humana a qual contém metal.

TABELA 3 Concentração de alguns elementos metálicos na crosta terrestre

METAIS	CONCENTRAÇÃO (mg kg⁻¹)	POSIÇÃO OS	ENTRE ELEMENTOS
ABUNDANTES			
Alumínio	81.300		3
Ferro	50.000		4
Cálcio	36.300		5
Sódio	28.300		6
Potássio	25.900		7
Magnésio	20.900		8
Titânio	4.400		9
Manganês	1.000		12
TRAÇOS			
Bário	425		14
Vanádio	135		19
Crômio	100		21
Níquel	75		24
Zinco	70		25
Cobre	39		26
Chumbo	16		36
Berílio	2,8		46
Urânio	2,7		48
Cádmio	0,2		67
Prata	0,07		68
Ouro	0,004		71

FONTE: Damasceno (1996)

Como previamente destacado, a poluição por metais é extremamente complexa, em particular devido à diversidade de formas nas quais eles podem ser encontrados no ambiente. O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais pesados; porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais em disponibilidade no meio tanto podem penetrar na cadeia alimentar dos organismos vivos como ser lixiviado, colocando em risco a qualidade dos sistemas subjacentes de água subterrânea (ELLIOT et al., 1992).

Korte et al. (1976), sugerem que os metais na forma catiônica estão sujeitos à retenção, principalmente, devido ao teor de argila, à superfície específica e ao teor de óxidos de ferro. Cátions metálicos podem formar pares iônicos, complexos e quelatos com ânions inorgânicos ou orgânicos. Dessa associação, podem resultar compostos positiva ou negativamente carregados ou mesmo, sem carga elétrica. Os complexos assim resultantes podem ser fracamente adsorvidos à superfície dos minerais ou, ainda, mais fortemente que o elemento em sua forma iônica livre.

Entre os compostos orgânicos com os quais tem sido associada à ocorrência de complexos metálicos móveis, estão os ácidos fúlvicos, sendo solúveis em ampla faixa de valores de pH. Os quelatos de ocorrência natural nos solos podem desempenhar importante papel na mobilidade dos metais, como o citrato e o oxalato. A mobilidade dos complexos organometálicos parece ser governada pela sua constante de estabilidade (CUNHA et al., 1996).

A poluição do solo por metais pesados está ligada a processos de acúmulo e transporte dessas espécies que dependem, em grande parte, das suas interações com a fase sólida do sistema. Tal interação é bastante complexa, envolvendo reações de adsorção e ou dessorção, precipitação, dissolução, complexação e oxirredução, tanto com a fase inorgânica quanto com a orgânica dos mesmos (AMARAL SOBRINHO et al., 1997; AMARAL SOBRINHO, 1993).

1.3.4.1 Metais pesados no lodo de esgoto

A utilização do lodo de esgoto na agricultura não é isenta de problemas. Em sua composição, o lodo pode conter elementos químicos potencialmente tóxicos, como zinco, cádmio, crômio, cobre, níquel, chumbo, ferro, cobalto e manganês que constituem uma das principais limitações ao seu uso pelos agricultores (GALDOS et al., 2004). Esses metais são geralmente oriundos de fontes industriais, estando presentes também em efluentes de

origem sanitária, mas em concentrações inferiores àqueles considerados como tóxicos a diferentes organismos vivos (PONGGIANI et al., 2000).

Fisch (1992 e 1990), não tem receio de utilizar, na agricultura, o lodo de curtimento contendo cromo, pois o mesmo encontra-se complexado e a planta não o absorve. Embora com esta convicção, vem utilizando este lodo em culturas energéticas, acreditando que o uso do lodo na agricultura é uma questão que precisa, ainda, ser mais bem estudada.

Segundo Tusutya (2002 a, b), a presença de metais pesados no LE depende de duas condicionantes básicas: representatividade dos lançamentos industriais em relação às vazões coletadas de origem doméstica e controle dos lançamentos industriais. A primeira condicionante refere-se à diluição de poluentes, independentemente da observância ou não da Legislação que rege os lançamentos industriais. Quanto maior as vazões de origem doméstica, menor serão as concentrações de metais pesados nos lodos (MELO et al., 2004; MARQUES et al., 2002).

É imprescindível o controle de efluentes industriais, para uma boa qualidade de lodos gerados em ETE's, principalmente no que se refere às concentrações de metais pesados. De modo geral, as concentrações de metais encontradas no lodo são muito maiores que as naturalmente encontradas em solos, daí a necessidade de avaliação dos riscos associados ao aumento desses elementos no ambiente em decorrência da aplicação desse resíduo. Esses riscos dependem de características do solo, tais como: conteúdo original do metal, textura, teor de matéria orgânica, tipo de argila, pH e capacidade de troca catiônica (LOPES et al., 2005).

Segundo Andreoli; Pegorini (2000), o uso agrícola do lodo de esgoto foi exaustivamente pesquisado em todo o mundo, não havendo registro de nenhum efeito adverso sobre o ambiente, como poluição por metais pesados, mesmo quando foi utilizado seguindo qualquer uma das diferentes regulamentações existentes. Em longo prazo, entretanto, o aumento da concentração de metais no solo resultante da aplicação do lodo torna-se uma preocupação justificada, pois, se não adequadamente controlado, pode ameaçar a cadeia trófica (Hue, 1995). Na Tabela 4, encontra-se representada as concentrações máximas dos metais pesados mais encontrados em lodos de esgoto.

TABELA 4 Concentração de metais pesados em resíduos orgânicos, fertilizantes minerais e produtos utilizados na agricultura

Produto agrícola	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn
	-----mg · kg ⁻¹ (base seca)-----									
Aguapé	-	-	33	-	-	-	-	17	33	50
Calcário	-	-	2-125	-	-	40-1200	0,1-15	-	-	-
Composto de lixo	0,01-100	1,8-410	13-3580	23325	0,09-2,1	60-3900	22	0,9-279	1,3-2240	82-5894
Esterco bovino	-	-	38-160	7336	-	552	16	3	1,52	128-330
Esterco galinha	4,4	-	31	-	-	350	-	4,4	38	245
Esterco porco	-	-	1100	-	-	-	-	8,3	13	1009
Fertilizante Nitrogenado	-	-	1-15	-	-	-	1-7	-	-	-
Fertilizante Fosfatado	-	-	1-300	-	-	40-2000	0,1-60	-	-	-
LODO DE ESGOTO	0-3410	8-40600	50-8000	42224	1-260	242	9,2	6-5300	2-7000	90-49000
Pesticida	-	-	12-50	-	-	-	-	-	-	-
Torta de mamona	-	-	33	2876	-	77	-	-	-	156

FONTE: Melo; Marques (2000); Raij (1997); Ross (1994); Kabata-Pendias; Pendias (1992)

Segundo a Resolução CONAMA n.375, para a caracterização química do lodo de esgoto ou produto derivado, quanto à presença de substâncias inorgânicas, deverão ser determinadas as seguintes substâncias para o uso agrícola, conforme Tabela 5.

Todos os metais e os seus compostos possuem toxicidade, ou seja, capacidade inerente que um elemento químico tem para causar efeitos adversos sobre o organismo. O aumento nas concentrações de metais como Cd, Cu, Cr, Zn, Pb e Ni no solo, pode tornar-se altamente tóxicas para as diferentes espécies da biota e para o homem. Os efeitos tóxicos desses metais no ser humano estão associados aos compostos orgânicos e inorgânicos por eles formados e são determinados pela quantidade do metal envolvida e pelo tempo de exposição (MESSIAS et al., 2007; MUNIZ; OLIVEIRA FILHO, 2006).

1.4 Solos

(Este item está de acordo com Cavalcanti et al., 2008).

“A ação combinada dos fatores de formação (geologia, clima, relevo, seres vivos e tempo) faz com que exista uma grande variação na composição dos solos do Estado, em termos de profundidade, cor, textura, estrutura, consistência, drenagem, pedregosidade e fertilidade natural. Essa diversidade de características, aliada ao tipo de clima, confere aos ambientes, variações nas potencialidades e condições de uso, manejo e conservação dos solos.

A identificação de cada classe de solo dá-se por meio do estudo de um corte vertical que identifica o seu perfil. Este funciona como um retrato do solo e sua caracterização são feitos por meio de uma análise conjunta dos seus horizontes e, ou, camadas, em termos de propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas. O Estado de Pernambuco possui uma representação dos principais solos da Região Nordeste do Brasil. Isso acontece porque o Estado ocupa uma longa faixa no sentido leste-oeste (cerca de 700 km), estendendo-se desde regiões mais úmidas a leste, até regiões mais secas a oeste. Associadas às variações de clima, ocorrem, também, expressivas variações de geologia e relevo em todo o território contribuindo para a diversificação dos solos.

Nesta seção será apresentada, de forma sucinta, a classe de solo usada no experimento e seus locais de ocorrência no Estado de Pernambuco, assim como aspectos mais favoráveis e limitantes ao uso agrícola. Para um mais amplo conhecimento dos solos do Estado pode-se consultar o “Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade de Solos do Estado de Pernambuco” (Araújo Filho et al., 2000), o “Zoneamento

TABELA 5 Concentrações máximas admissíveis de substâncias inorgânicas no lodo e nos solos que recebem lodo

POLUENTES	CONC. MÁXIMA NO LODO ¹ (mg kg ⁻¹)	LIMITES DE ACUMULAÇÃO NO SOLO ² (kg ha ⁻¹)	LIMITES DE APLICAÇÃO ANUAL NO SOLO ² (kg ha ⁻¹)	CONC. MÉDIA ¹ (mg kg ⁻¹)
Arsênio	75	41	2	41
Cádmio	85	39	1,90	39
Crômio	3.000	3.000	150	1.200
Cobre	4.300	1.500	75	1.500
Chumbo	840	300	15	300
Mercúrio	57	17	0,85	17
Molibdênio	75	18	0,90	18
Níquel	420	420	21	420
Selênio	100	100	5	36
Zinco	7.500	2.800	140	2.800

¹ Em miligrama do poluente por quilo de lodo (em base seca); ² Em quilo de poluente por hectare de solo (base seca). CONC. = concentração.

FONTE: Adaptado de Pires (2005); USEPA (1999)

Agroecológico do Estado de Pernambuco” (Silva et al., 2001), o “Levantamento Exploratório-reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco” (Embrapa, 1973) e o “Zoneamento Agroecológico do Nordeste” (Silva et al., 1993).

1.4.1 Argissolo (antigo Podzólico)

São solos que apresentam uma acentuada diferença de textura entre o horizonte superficial (A) e o horizonte subjacente (B textural). Predominam solos com argila de atividade baixa, porém, quando a atividade for alta ($CTC \geq 27 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila), a saturação por bases deverá ser obrigatoriamente baixa.

Essa classe abriga solos com grande abrangência de características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas (Figura 1). Como alguns exemplos desta heterogeneidade, podem ser destacados: a) cor: matizes que caracterizam as classes Argissolo Acinzentado, Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Vermelho; b) espessura: desde 0,40 m (rasos) até muito profundos (mais de 2 m); c) textura: variando de arenosa a argilosa na parte superficial, e de média a muito argilosa no horizonte subssuperficial; d) drenagem: desde imperfeita até acentuadamente drenados; f) pedregosidade: desde solos não pedregosos até solos muito pedregosos ao longo de todo o perfil; g) relevo: do plano ao montanhoso.

Apresentam, também, muita variação em relação à CTC e à fertilidade natural, podendo ser ácidos e com altos teores de alumínio trocável, ou apresentar pH próximo à neutralidade, sem alumínio e com elevados teores de cálcio, magnésio e potássio.

Ocorrência em Pernambuco. Apresentam-se distribuídos, significativamente, nas três grandes regiões fisiográficas do Estado. Os das zonas do Litoral e Mata são, em geral, profundos, ácidos, com médios a elevados teores de alumínio trocável, baixa CTC e baixa disponibilidade de cátions trocáveis. No Agreste e Sertão, também podem ser profundos, contudo é bastante comum os podzólicos mais rasos, pedregosos ou não, e com grande variação na fertilidade natural, podendo em alguns casos, atingir valores para a soma dos teores de cálcio e magnésio em torno de $10 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ de solo.



FIGURA 1 Argissolo Vermelho (antigo Podzólico Vermelho-Amarelo)

Potencialidades e Limitações. Os Argissolos da zona fisiográfica Litoral e Mata são bastante usados com cana-de-açúcar. Apresentam como principais limitações a baixa fertilidade natural e, muito comumente, o relevo acidentado. O fenômeno da coesão é outra limitação desses solos, particularmente, nos Argissolos desenvolvidos no ambiente dos tabuleiros costeiros. Nas zonas do Agreste e do Sertão, de modo geral, as limitações recaem na pequena profundidade e na ocorrência de pedregosidade, somando-se as condições de clima semi-árido. Quando estes solos são profundos e sem pedras, apresentam bom potencial para irrigação. Nos conhecidos brejos de altitude, onde têm grande ocorrência, em sua maioria, são distróficos e estão sob uma vegetação mais úmida. O relevo movimentado e, às vezes, a presença de afloramentos de rocha constitui a maior limitação ao uso nesses ambientes”.

1.5 Rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivar cometo

Cientificamente, o rabanete é classificado como pertencente a família *Brassicaceae*, gênero *Raphanus* e espécie *Raphanus sativus* (AGUILA, 2004). Apresenta um ciclo dividido em fase vegetativa e reprodutiva. Na fase vegetativa a planta emite um tufo de folhas, dispostas em roseta, e forma uma raiz tuberosa. Na fase reprodutiva ocorre o pendoamento, florescimento e frutificação (MINAMI; TESSARIOLI NETO, 1997).

Segundo Aguila (2004) e Camargo (1981), o rabanete é uma das plantas hortaliças mais antiga que se tem notícia, havendo registros de que ele seja cultivado há mais de três mil anos, provavelmente originado do sul da Europa ou sudeste da Ásia. Já no tempo dos faraós era cultivado no Egito. Os gregos apreciavam muito o rabanete, que era servido em vasos de ouro, nos sacrifícios ao deus Apolo. Essa hortaliça foi introduzida na Inglaterra e França no século 16; em princípios do século 19, variedades dessa planta eram conhecidas na América. É uma hortaliça com inúmeras propriedades, atuando como diurético, antiescorbútico, estimulante da função das glândulas digestivas e do fígado, além de ter ação anticancerígena. Além dessas propriedades, o rabanete é por excelência, uma ótima fonte de cálcio, fósforo, ferro, vanádio e regular fonte de manganês. Contendo, ainda vitaminas B1 e B2, ácido nicotínico e vitamina C. O rabanete tanto pode ser consumido cru, bem lavado, como cozido, em saladas ou sob a forma de picles. A Tabela 6 representa o valor nutritivo para cada 100 g do rabanete cru.

O rabanete é uma hortaliça anual, de ciclo curto, produz uma raiz tuberosa com formato arredondado ou alongado, pouco profunda, ficando entre 45 a 60 cm, com a cor da

casca avermelhada e da polpa, branca. Planta de pequeno porte, intolerável ao transplante, deve ser propagado com semeadura direta, a lanço ou sulco riscado no canteiro, e permanecer livre dos invasores. Por ser tolerante ao frio e geadas leves, a produtividade e o desenvolvimento do rabanete dependem, em grande parte, do clima que irá afetar a cultura já a partir da germinação. Pesquisas comprovaram que a temperatura mínima para a germinação é de 4,5 °C, que a faixa ideal vai de 7,2 a 32,2 °C, sendo 29,4 °C a temperatura ótima e a máxima tolerável 35 °C (PEREIRA, 2002). Segundo o autor, para a produção do rabanete, em média de 15 a 20 toneladas por hectare, o solo deve absorver a água rapidamente, drenar o excesso com relativa rapidez, boa fertilidade, mas não com excesso de nitrogênio, conservar a umidade suficientemente para que as plantas cresçam, apresentar espaços entre partículas para circulação do ar e para que as raízes se desenvolvam livremente.

O suprimento de água deverá ser abundante e uniforme. O fornecimento irregular de água às plantas pode causar rachaduras das raízes tuberosas. A coleta é feita de três a seis semanas após a semeadura quando atinge o ponto de colheita (FILGUEIRA, 2000).

Para Lee et al. (1996), a colheita do rabanete deve ser feita ainda pequena com menos de 30 mm de diâmetro, apresentando-se macios e com bom sabor, antes de ficar esponjoso, duro e insípido.

TABELA 6 Valor nutricional para cada 100 gramas de rabanete cru

Rabanete cru	
Calorias	15 kcal
Proteínas	1 g
Gorduras	0,1 g
Vitamina A	300 UI ¹
Vitamina B1	30 g
Vitamina B2	35 g
Vitamina B5	0,15 mg
Vitamina C	30 mg
Potássio	290 mg
Cálcio	140 mg
Enxofre	70 mg
Fósforo	65 mg
Sódio	30 mg
Cloro	20 mg
Magnésio	10 mg
Ferro	2 mg
Silício	1 mg

¹ UI = unidade internacional (medida de atividade ou potência)

FONTE: Haag (1988)

1.6 Referências

AGUILA, J.S. de. **Processamento mínimo de rabanete**: estudos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2004.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soil**. London, Blackie A & P, p. 368. 1995

ALLOWAY, B. J. The origins of heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York, John Wiley, p. 29-39, 1990.

ALMENDROS, G. Sorptive interactions of pesticides in soils treated with modified humic acids. **European Journal Soil Science**, v.46, p.287-301, 1995.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.do. **Interação dos metais pesados de resíduos siderúrgicos com solo podzólico vermelho-amarelo**. Viçosa. 163p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.1993.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.do; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C.de. Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p. 9-16. 1997.

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**, p. 281-312, 2000.

ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais**. Curitiba: FCO, v.6, 2004.

ARAÚJO FILHO, J. C. de.; BURGOS, N.; LOPES, O. F.; SILVA, F. H. B. B. da; MEDEIROS, L. A. R.; MÉLO FILHO, H. F. R. de; PARAHYBA, R. B. V.; CAVALCANTI, A. C.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, F. B. R. e; LEITE, A. P.; SANTOS, J. C. P. dos; SOUSA NETO, N. C.; SILVA, A. B. da; LUZ, L. R. Q. P. da; LIMA, P. C.; REIS, R. M. G.; BARROS, A. H. C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos - UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 252 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11). CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Amostragem de resíduos**. NBR. 10.007, São Paulo, 25p. 1987 d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos**. NBR 10004. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos**. NBR 10004, São Paulo, 63 p. 1987a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Resíduos sólidos: classificação.** NBR 10.004, São Paulo, 1987c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aterros de resíduos perigosos: critérios para projeto, construção e operação.** NBR. 10.157, São Paulo, 22p. 1987 b.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 31, p. 601- 605, 2007.

BARBOZA, R. S. L. **Influência do lodo de esgoto na nodulação e no desenvolvimento do caupi** (*Vigna unguiculata* [L.] Walp). 84p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Recife, 2007.

BARROS, M.C.P. **Utilização de técnicas analíticas para caracterização do ácido húmico da Ilha de Cananéia (São Paulo) e sua interação com metais.** São Carlos. 108p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 1991.

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2003.

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**, Viçosa, v.21, p. 685-691, 1997.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2000. 312 p.

BETTIOL, W.; FERNANDES, S. A. P. **Efeito do lodo de esgoto na comunidade microbiana e atributos químicos do solo.** Embrapa, Jaguariúna, SP. Dezembro, 2004.

BOEIRA, R. C.; SOUSA, M. D. Estoque de carbono orgânico e de nitrogênio, pH e densidade de um latossolo após três aplicações de lodos de esgotos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, p. 581-590, 2007.

BORGES DE CASTILHOS, A. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, p.07-35, 2003.

BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.; COSTA, E.A.D.; BERTON, R.S.; SPIERING, S.H.; VEGA, F.V.A.; CEMBRANELLI, M.A.R.; MALDONADO, C.A.B. Lodo de esgoto e produção de palmito em pupunheira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.31, p.153-166, 2007.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Nybe C. Brady "The nature and properties of soils". Trad. Antonio B. Neiva Figueiredo. 7.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 647p. 1989.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. de. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, v.36, n.4 . Santa Maria, July/Aug. 2006.

CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**. Campinas, Fundação Cargill, 1981, 321 p.il.

CAVALCANTI, F.J.A. (Organizador); SANTOS, J.C.P.; PEREIRA, J.R.; LEITE, J.P.; SILVA, M.C.L.; FREIRE, F.J.; SILVA, D.J.; SOUSA, A.R.; MESSIAS, A.S.; FRIA, C.M.B.; BURGOS, N.; LIMA JÚNIOR, M.A.; GOMES, R.V.; CAVALCANTI, A.C.; LIMA, J.F.W.F. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2.aproximação, 3.ed. revisada. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, 2008. 220 p.il.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Resíduos de curtumes**. São Paulo, 86 p. 1980.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Resíduos sólidos industriais**. São Paulo, 233 p. 1993.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E.; Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29 , n..5, Viçosa Sept./Oct. 2005.

COSTA, M. B. B. **Nova síntese e novo caminho para a agricultura: adubação orgânica**. São Paulo, CONE. 106p, 1986.

CUNHA, R.C.A.; CAMARGO, O.A.; KINJO, T. Eluição de duas fontes de zinco, aplicadas em horizonte superficial de um podzólico e de um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.371-378, 1996.

DAMASCENO, S. **Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgotos sanitários por processo de lodos ativados e por um reator compartimentado anaeróbio**. São Carlos. 141p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.

DAVIS, R. D.; HALL. J. E. Production, treatment and disposal of wastewater sludge in Europe from a UK perspective. **European Water Pollution Control**, v.7, n.2, p.9-17, 1997.

ELLIOT, H.A.; LIBERATTI, M.R.; HUANG, C.P. Effect of iron oxide removal on heavy metal sorption by acid subsoils. **Water, Air and Soil Pollution**, v.37, p. 379-389, 1992.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Pernambuco**. Recife: SUDENE-DRN/Ministério da Agricultura, DNPEA-DPP, 1973. 2v. (Brasil. Ministério da Agricultura. DNPEA-DPP. Boletim técnico, 26; SUDENE. Série Pedologia, 14).

FARIA, L. C. de. **Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucaliptos: demanda, potencial e crescimento das árvores e viabilidade econômica**. 123f. Universidade de São Paulo: Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2007.

FERREIRA, R.C. **Uso do lodo de esgoto no desenvolvimento do açaí (Euterpe oleracea Mart.)**. 59 f: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais. 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: ed.UFV, 2000. 402 p.

FISCH, J. Na agricultura, o aproveitamento racional de lodo de curtumes como matéria orgânica. Novo Hamburgo, **Revista do Couro**, p.19-21, mar./abr, 1990.

FISCH, J. Lodo cromado: projeto demonstra viabilidade de utilização em solo agrícola. São Leopoldo. **Setor Couro**, p. 6-15, jul., 1992.

FÖRSTNER, U.; WITTMAN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**. 3. ed., Berlin Hadlberg, Springer Verlag, 486p, 1983.

GALDOS, M. V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.569-577, 2004.

GOMES. S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.459–465, 2007.

HAAG, H.P. **Nutrição mineral de hortaliças**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 1988.

HARRIS-PIERCE, R. L.; REDENTE, E. F.; BARBARICK, K. A. Sewage sludge application effects on runoff water quality in a semiarid grassland. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.112-115, 1995.

HUE, N. V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E. ed. **Soil Amendments and Environmental Quality**. Boca Raton, CRC Press, p.168-199, 1995.

KABATA - PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Flórida: CRC Press, 365 p.1992.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo, Agronômica Ceres. 492 p, il.1985.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba, Edição do Autor. 189 p.il. 1993.

KORTE, N.E.; SKOPP, J.; FULLER, W.L.; NIEBLA, E.E.; ALESI, B.A. Trace element movement in soils: influence of soil physical and chemical properties. **Soil Science**, v.122, p. 350-359, 1976.

LEE, J. M.; YOO, I. O.; MIN, B. H. Effect of cultivars and cultural conditions on the pungent principle contents in radish roots. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, v.37, n.3, p.349-356, 1996.

LESTER, J.N. **Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes**. Flórida, CRC Press, 1987.

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p.143-147, 2005.

LOURENÇO, R. S. **Utilização de lodo de esgoto aeróbio e calado em florestas**. Embrapa-PA, p.1-3. 1997 (Comunicado técnico, 18).

MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo. Agronômica Ceres, **Manual de Química Agrícola**. 528 p.1981.

MARQUES, M. J.; MELO, W.J.; MARQUES, T. A. **Metais pesados e uso de biossólidos na agricultura**. In TSUTIYA, M.T. COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W.J.; MARQUES, M. O. Biossólidos na Agricultura". Cap.. 12, p. 365-403, 2002.

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**, p.109-141, 2000.

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.; MELO, V.P. O uso agrícola do biossólidos e as propriedades do solo. In: **Biossólidos na agricultura**. Cap 12. Sabesp, Escola Politécnica, USP, ESALQ-USP / Nupegel, UNESP – Jaboticabal, São Paulo, 2004.

MESSIAS, A. S. **Fertilizantes orgânicos** (lixo urbano). Recife, Universidade Católica de Pernambuco. 48 p. set.1993.

MESSIAS, A.S.; MORAES, F.A. Emprego do lixo urbano na adubação do milheto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba / SP. **Anais...** Piracicaba, p.384.1992.

MESSIAS, A.S.; ANDRADE, C.D.P.de.; PESTANA, M.O. **Avaliação de diferentes materiais como inibidores de amônia do composto urbano**. Recife, Universidade Católica de Pernambuco, v.1, n.1, p.55-60. 1996. (Cadernos CCT).

MESSIAS, A.S.; MORAIS, F.A. **Resíduo sólido urbano**: redução do tempo de compostagem. Recife, Universidade Católica de Pernambuco, v.1, n.1, p.61-64. 1996. (Cadernos CCT).

MESSIAS, A. S. et al. **Uso de lodo de esgoto em plantas condimentares e medicinais na Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil**. Recife: projeto de pesquisa da Rede FIUC, 2006. 85 p. (cadastro 34644-QUI-004-2006/13E).

MESSIAS, A.S.; SILVA, H. A.; LIMA, V. N.; SOUZA, J.E.G. Avaliação da mobilidade de micronutrientes em solo tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.3, n.3, p193-211, set-dez, 2007.

MINAMI, K; TESSARIOLI NETO, J. **Rabanete**: cultura rápida para temperaturas amenas e solos areno-argilosos. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27p.

MOREIRA, A.; COSTA, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.10, p.1013- 1019, 2004.

MUNIZ, D.H.F.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente**. Universitas: Ciências da Saúde, v. 4, n. 1 / 2, p. 83-100, 2006.

MURPHY, E.M.; ZACHARA, J.M.; SMITH, S.C.; PHILLIPS, J.L.; WIETSMA, T.W. Interaction of hydrophobic organic compounds with mineral-bound humic substances. **Environmental Science Technology**, v.28, p.1291-1299, 1994.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. Viçosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 385-392, 2004.

NOGUEIRA, T. A.R.; SAMPAIO, R. A.; FERREIRA, C. S.; FONSECA, I. M.; Produção de milho e de feijão consorciados adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1, p.122-131, 2007.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v.4, p.807-812, 2001.

OLIVEIRA, F.C.; MELO, W. J.; PEREIRA, G.T.; MELO, V.P.; MELO, G. M. P.H H. Heavy metals in oxisols amended with biosolids and cropped with maize in a long-term experiment. **Scientia Agrícola**. (Piracicaba, Brazil), v.62, n.4, p.381-388, July/Aug. 2005

PEDROZA, J.P.; HAANDEL, A.C. VAN.; B.; NAPOLEÃO, E. de M. Production and components of herbaceous cotton as a function of application of biosolids. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7 n.3, p.483-488 Set-Dez 2003.

PEREIRA NETO, J.T. Conceitos modernos de compostagem. Rio de Janeiro, **Revista de Engenharia Sanitária**, v.28, n.2, abr./jun., p.104-109. 1989.

PEREIRA, E.R. **Cultivo da rúcula e rabanete sob túneis baixos cobertos com plástico com diferentes níveis de perfuração**. 143p. 2002.Dissertação (Mestrado), ESALQ/SP, 2002.

PIRES, A.M.M. **Lodo de esgoto**. AMBIENTEBRASIL. EMBRAPA Meio Ambiente, p.1-2 2005.

POMBO, L.C.A. Sorção de cádmio em solos do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.19-24. 1995.

PONGGIANI, F.; GUEDES, M. C.; BENEDETTI, V. **Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: reflexo no ciclo de nutrientes**. In: BETTIOL,W.; CAMARGO, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2000. 312p.

POLGLASE, P.J. ; MYERS, B.J. Tree plantations for recycling effluent and biosolids in Austrália. In: Eldridge, K.G., ed. Environmental management: the role of eucalypts and other fast cropping species: **Proceedings**...Collingwood, CSIRSO, p.100-109.1996.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Agronômica Ceres. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo: Piracicaba, p. 343, 1997.

ROCHA, A.A. A história do lixo. In: **Resíduos sólidos e meio ambiente no estado de São Paulo**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, p.15-22, out. 1993.

ROSS, S. M. Source and forms of potentially toxic metals in soil plant systems. In: ROSS, S. M. (ed.). **Trace Metal Sins**, p. 3-25, 1994.

RUSSEL, J.B. **Química geral**. São Paulo, Mcgraw - Hill do Brasil. 898p.1994.

SAITO, M. L.. O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, SP, p.28, 2007.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; SILVA, P. R. F. Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic matter content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.507-517, 2007.

SANTOS, J. Q. dos. **Fertilizantes: fundamentos e aspectos práticos da sua aplicação**. 2.ed. Portugal, Europa-América. (Coleção EUROAGRO), 1983.

SANTOS, I.; BETTIOL, W. Efeito do lodo de esgoto no crescimento micelial de fitopatógenos habitantes do solo na podridão do colo de plântulas de feijoeiro, causadas por *Sclerotium rolfsii*, em condições controladas. **Ecossistema**, v. 26, p.157-161. 2001.

SOCIEDADE ECOLÓGICA AMIGOS DE EMBU – SEAE, "INDAIA EMILIA". **Para onde vai nosso lixo: resíduos sólidos, produção, consumo e sustentabilidade**. Disponível em <<http://redeambiente.org.br>>. Acesso em 09 de maio de 2008.

SILVA, A. B. da. **Planejamento experimental e modelagem estatística do efeito do uso do lodo de esgoto em solos**. 51 f: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais. 2008.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.487-495, 2002.

SILVA, F. B. R. e; SANTOS, J. C. P; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. da B. V.; OLIVEIRA NETO, M .B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. P. P.; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco, 2001. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).

SILVA, F.B.R. e ; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C. de; BRITO, L.T. de L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B. da; SILVA, A.B. da; ARAÚJO FILHO, J.C. de; LEITE, A.P. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**. Diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina, Doc. No. 80. EMBRAPA/CPATSA-CNPS. (Convênio EMBRAPA-CPATSA/ORSTOM-CIRAD). 2v. il., 476p. 1993.

SILVEIRA, R.R. **Dinâmica de nutrientes em três solos do estado de Pernambuco tratados com biossólido**. 2001. 66p.il. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2001.

SIMONETE, M. A. **Alterações nas propriedades químicas de um argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho**. 2001. 89p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2001.

SOITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, p.28, 2007.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry, genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, John Wiley, 443p. 1994.

TERRON, P.U. **Tratado de fitotecnia general**. 2.ed. rev., ampl., Madrid, Mundi-Prensa, 895 p. 1995.

TSUTIYA, M. T. **Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, cap. 4, p. 69-106. 2000.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W.J.; MARQUES, M. O. eds. **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo, SABESP, 468 p. 2001.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W.J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na Agricultura**, 2.ed. São Paulo, cap.4, p. 89-131. 2002a.

TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W.J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na Agricultura**. 2.ed. São Paulo, cap.5, p. 133-178. 2002b.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **EPA 625/10-84-003**. Environmental regulations and technology: use and disposal of municipal wastewater sludge. Federal Register, p. 15-16. 1999.

VIDOR, C. Descarte de lodo de estações de tratamento de efluentes domésticos no solo. In: TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. (Ed.) **Manejo racional de resíduos no solo**. Porto Alegre: DS/UFRGS, p. 128-150, 1999.

WOOD, J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment. **Science**, n.183, p.1049-1052. 1974.

CAPÍTULO 2

(de acordo com as instruções da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, ANEXOS)

Influência do lodo de esgoto em características físico-químicas do solo cultivado com rabanete

Maria dos Anjos de Jesus Barros Monteiro Lopes⁽¹⁾, Armindia Saconi Messias⁽¹⁾, Valdemir Alexandre dos Santos⁽¹⁾ e Vanessa Natália de Lima⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Mestrado em Desenvolvimento de Processos ambientais, Rua do Príncipe, 526, Boa Vista, Bloco G4, 8^o andar, CEP 50.050-900 Recife (PE). E-mail: saconi@unicap.br. ⁽²⁾ Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental, UNICAP. Bolsista PIBIC IPA/FACEPE.

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do lodo de esgoto em parâmetros químicos do solo cultivado com rabanete, em canteiros montados na Comunidade Famílias Unidas, município de Camaragibe, Pernambuco. Após colheita, foram feitas amostragens do solo na profundidade de 0 a 20 cm de profundidade para determinação do pH, CE, P, K, Ca, Mg, Al, MO, S, CTC, V. Os dados foram submetidos à análise estatística mostrando a influência positiva principalmente da matéria orgânica e do cálcio.

Termos de indexação: resíduo sólido, solo, atributos químicos, hortaliças.

Influence of sewage sludge in physical and chemical characteristics of the soil cultivated with radish

Abstract – The aim of this study was to evaluate the effect of sewage sludge in the chemical parameters of the soil cultivated with radish in plots assembled in the Community Families United, City of Camaragibe, Pernambuco. After harvest, soil samples were taken at depths of 0 to 20 cm to determine the pH, EC, P, K, Ca, Mg, Al, MO, S, CTC, V. The data were subjected to statistical analysis showing the positive influence of mainly organic matter and calcium.

Index terms: solid waste, soil, chemical attributes, vegetables.

Introdução

O desenvolvimento e aplicação de um manejo integrado de nutrientes, com vista à produtividade e sustentabilidade agrícola implica na redução do uso de fertilizantes solúveis e incremento de fontes não tradicionais de nutrientes, como adubação orgânica, fixação biológica do N₂, biofertilizantes, e a reciclagem de resíduos (Fao, 1995).

Os nutrientes adicionados por fertilização, principalmente aqueles com menor mobilidade, como é o caso do P, permanecem nas camadas mais superficiais do solo, criando gradientes de concentração com as camadas inferiores (Falleiro et al., 2003; Rheinheimer et al., 1998; Klepker & Anghinoni, 1995). Esse fato também é observado quando são utilizados adubos orgânicos em sistemas com baixo grau de mobilização do solo (Queiroz et al., 2004).

O conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo a partir da superfície é fundamental para estabelecer ajustes na recomendação de adubos e corretivos e, mais especificamente, quando da utilização de lodo de esgoto, que nem sempre fornece nutrientes balanceados. O melhor entendimento das modificações nos atributos químicos do solo, decorrentes da reciclagem de resíduos sólidos e do uso de material orgânico, como o lodo de esgoto, na adubação, pode fornecer subsídios para produção em bases sustentáveis, sem comprometer a qualidade ambiental (Scherer et al., 2007).

Na construção e manutenção da fertilidade do solo, a matéria orgânica é fundamental, uma vez que influencia inúmeras características, dentre elas: elevação da capacidade de troca catiônica, liberação lenta de P, N, S e água; aumento da disponibilidade dos micronutrientes, com a formação de quelatos; aumento de retenção de água; redução da toxidez causada por pesticidas; melhoria da estrutura; favorecimento do controle biológico, com maior população microbiana e melhoria da capacidade tampão do solo (Raij, 1991). De acordo com Araújo et al. (1994), os maiores teores de matéria orgânica podem, também, ser uma razão para maiores teores de Ca, Mg, K e Na, a partir da atuação de ácidos orgânicos, no sentido de sua liberação dos materiais de origem. Conseqüentemente, a estabilidade da matéria orgânica é muito importante na reserva de nutrientes dos solos.

O lodo de esgoto (LE) ou torta é um resíduo de origem urbana resultante do tratamento de efluentes domésticos, apresentando composição bastante variável. As diferenças encontradas variam com o tipo de processo empregado (primário, lodo bruto produzido nos decantadores primários; lodo ativado, produzido em reatores biológicos; e lodo digerido, processo de estabilização biológica), com a localização fisiogeográfica das ETES (que reflete os hábitos alimentares da população), com o balanço de nutrientes dos alimentos

consumidos, com a época do ano e com a descarga de resíduos industriais (Tsutiya, 2000; Vidor, 1999).

A utilização do lodo de esgoto como adubo orgânico tem sido mencionada como uma alternativa para o destino final deste resíduo, principalmente pela concentração predominante de matéria orgânica e fonte considerável de nutrientes; como também, pela sua atuação como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Ferreira, 2008; Silva, 2008; Barboza, 2007; Faria, 2007; Messias et al., 2007; Messias et al., 2006; Andreoli et al., 2001; Silveira, 2001).

Além do ponto de vista ambiental e econômico, a utilização do lodo na agricultura é vantajosa, pois confere ao solo maior capacidade de retenção de água, porosidade (aeração das raízes) e estabilidade dos agregados, maior resistência à erosão, efeito residual utilizável para culturas subseqüentes e, possivelmente, induz a supressividade dos solos aos fitopatógenos (Silva et al., 2002; Santos & Bettiol, 2001; Berton et al., 1997; Polglase & Myers, 1996; Melo et al., 1994).

Portanto, este estudo teve o objetivo de verificar mudanças nos atributos físico-químicos de um solo adubado com lodo de esgoto e cultivado com rabanete (*Raphanus sativus* L.).

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em área experimental situada na Comunidade Famílias Unidas, no bairro de Santa Mônica, município de Camaragibe, Pernambuco, Brasil, entre setembro de 2007 a março de 2008, em solo ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico

(Embrapa, 1999), fase floresta subperenifólia, relevo plano a suave ondulado, material de origem são sedimentos do Grupo Barreiros (Terciário), textura média, drenagem interna boa a moderada, não susceptível à erosão, de baixa a média fertilidade, com 10 % de representatividade do Estado, pertencente à Zona Litoral Norte, localizada na porção nordeste do estado de Pernambuco, onde predomina o clima Ams' de Köppen, tropical chuvoso de monção com verão seco. A temperatura média anual é de 24,8 °C, com máxima média de 30,2 °C e mínima média de 19,3 °C. As temperaturas mais baixas ocorrem no período de junho a setembro. A precipitação pluviométrica anual é de 1.715,7 mm, com período mais seco entre outubro e dezembro. Os ventos são leves, apresentando velocidade média de 159 km por dia, predominando a direção E-SE. A umidade relativa do ar é alta, 83 % em média, e a evaporação do tanque Classe "A" é de 2.122 mm anuais (Camargo et al. 1987; Koffler et al., 1986; Brasil, 1979; Brasil, 1973).

As caracterizações química e física da camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da semeadura do rabanete, realizadas segundo Embrapa (1997), resultaram em: 7,4 g kg⁻¹ de argila; 89,6 g kg⁻¹ de areia; 3,0 g kg⁻¹ de silte; 2,4 g dm⁻³ de matéria orgânica; 20 mg dm⁻³ de P; 0,15 mg dm⁻³ de K; 3,40 mg dm⁻³ de Ca; 0,55 mg dm⁻³ de Mg; 3,21 mg dm⁻³ de S; e CTC igual a 5,70 cmol_c dm⁻³. Os teores totais dos elementos potencialmente tóxicos foram, em mg kg⁻¹: Zn = 1,8; Cu = 1,5; Mn = 5,0 e Fe = 1,6. O lodo de esgoto utilizado no experimento foi o oriundo do leito de secagem do tratamento secundário da Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Passageiros de Pernambuco - ETE / TIP, Recife, Pernambuco, que trata esgoto doméstico. Após a coleta, o material foi devidamente preparado para avaliação de sua composição química (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos (zero, 25, 50 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto mais 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto

vermicompostado com a Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*). Resíduos provenientes da ETE – TIP, Recife/PE) e três repetições. Os canteiros de alvenaria mediram 1 m de largura por 6 m de comprimento e 0,20 m de profundidade, com 21 fileiras espaçadas de 0,35 m entre fileiras e 0,15 m entre plantas, sendo consideradas nas avaliações as plantas centrais, com área útil de 2 m².

O plantio do rabanete (*Raphanus sativus* L.) foi realizado por meio de semeadura direta, numa profundidade de 1,5 cm, colocando-se 10 gramas de sementes por canteiro da cultivar Cometo. Após a germinação (de três a cinco dias), foi feito o desbaste deixando-se as plantas que apresentavam folhas bem desenvolvida.

Foram realizados os tratos culturais normais para a cultura, incluindo irrigação por aspersão, até duas vezes ao dia, procurando fornecer quantidade de água suficiente para o bom desenvolvimento do rabanete nos períodos de ausência de precipitação; sombreamento com folhas de bananeira ou palmeira, a fim de evitar evapotranspiração elevada nos períodos mais quentes, e capinas manual ou com auxílio de enxadas para manter a cultura livre de plantas invasoras.

A colheita do rabanete foi realizada 30 dias após semeadura, fazendo amostragem na área útil estipulada para os canteiros, em 10 pontos equidistantes, para imediatamente ser procedida a contagem do número de folhas das plantas, altura das folhas (avaliada em centímetros, mediante a tomada de medida entre o colo e o ápice da folha com maiores dimensões) e diâmetro de raiz (medido com o auxílio de paquímetro e obtenção dos dados em centímetros). Logo após, procedeu-se o descarte da parte aérea, as raízes foram lavadas e pesadas; calculou-se o peso médio das raízes de cada tratamento e os valores foram convertidos em t.ha⁻¹, conforme Pereira (2002). Ressalta-se que os dados relativos à planta não serão apresentados neste artigo. Ao final da colheita efetuou-se a amostragem do solo,

coletando-se sub-amostras em ziguezague que originaram uma amostra composta por canteiro, para análise química, de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

Para avaliar como as tendências variaram com o aumento de concentração, foram confeccionados uma série de gráficos e funções matemáticas, a partir dos quais foram gerados ajustes e regressões não-lineares para correlacionar algumas variáveis de interesse. Foi utilizado o software Origin V 5.0. Depois de seguidas tentativas para avaliar qual a melhor função se ajustava para cada comportamento, obteve-se uma série de parâmetros matemáticos e estatísticos ao nível de 95 % de significância.

Resultados e Discussão

Através dos gráficos do tipo *box plot* (Figura 1), estão sendo apresentados os resultados de pH, CE, P e MO do solo tratado com doses equivalentes a 0, 25, 50 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto - LE. Esses gráficos são utilizados para observações visuais, tanto do ponto de vista de possibilidade de igualdade das médias quanto do valor da dispersão em cada conjunto de amostras (mesmo tratamento). Pode-se, também, a partir desse tipo de gráfico, observar as tendências dos valores das variáveis dependentes com a variação do fator, ou variável independente.

Na Figura 1a, percebe-se que, no final do experimento, o pH do solo se apresentou em torno de 6,0 (dose equivalente a 0 Mg ha⁻¹) a 6,5 (dose equivalente a 50 Mg ha⁻¹) demonstrando a capacidade de lodos de esgoto, sem tratamento prévio com cal, em elevar o pH de solos (Epstein et al., 1976; Stark & Clapp, 1980; Logan et al., 1997). Nestes casos os autores atribuíram o efeito neutralizante às reações envolvidas na degradação da carga orgânica do resíduo. As doses correspondentes a 25 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto

apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey (Montgomery, 2001).

A condutividade elétrica - CE do solo (Figura 1b) foi influenciada significativamente pela interação entre tratamentos com lodo de esgoto. Considerando-se o comportamento da CE dentro das doses de LE, verifica-se que à medida que aumenta a dose, há uma tendência de queda em seus valores. Este decréscimo na concentração salina da superfície do solo provavelmente é devido à lavagem de íons solúveis ou em suspensão proporcionado pelo movimento descendente da água de precipitações pluviométricas e/ou irrigação. Comportamentos semelhantes foram obtidos por Epstein et al. (1976) e Harding et al. (1985) que atribuíram os valores de CE de solos tratados com lodo de esgoto à concentração de íons Ca^{+2} , Mg^{+2} e Cl^- presentes na camada de incorporação do resíduo. De forma concordante, Anjos (1999) encontrou correlações significativas entre a condutividade elétrica de solos, tratados sucessivamente com elevadas taxas do resíduo, e seus teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ .

Embora a CE do solo, para todas as doses de LE e durante todo o período experimental, tenha se apresentado abaixo de $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$, valor acima do qual os solos são considerados salinos (Richards, citado por Lopes, 1989), deve-se ressaltar que a adoção deste parâmetro não fornece uma indicação segura quanto ao grau de salinização do solo experimental, haja visto que este critério foi elaborado com base em determinações da condutividade em extratos de saturação. Não obstante a isto, dependendo do tipo de solo e do regime pluviométrico do local, existe a possibilidade das doses do resíduo empregado no presente trabalho ocasionar, mesmo que temporariamente, problemas de salinidade e seus conseqüentes efeitos ao desenvolvimento das plantas.

O P disponível nos canteiros adubados com lodo de esgoto aumentou até a dose correspondente a 50 Mg ha^{-1} em relação aos canteiros não adubados (Figura 1c), devido, provavelmente, ao teor médio elevado (45 mg kg^{-1}) de P no lodo de esgoto utilizado (Tabela 1), bem como uma proporção do fósforo no LE estar em formas disponíveis (Ajiboye et al., 2004).

O teor de matéria orgânica (Figura 1d) encontrado no solo não indica um aumento considerável com as doses empregadas de lodo de esgoto, supostamente pela presença de compostos orgânicos estáveis como lignina, celulose, lipídeos, substâncias húmicas, graxas, ceras, óleos e resinas (Clapp et al., 1986), que pode não significar benefícios ao sistema solo-planta (Hohla et al, 1978).

Na Figura 2, estão apresentados os diagramas de dispersão para cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), potássio (K^{+}) e alumínio (Al^{+3}) trocáveis na camada superficial do solo cultivado com rabanete adubado com lodo de esgoto.

As concentrações de Ca^{+2} (Figura 2 a) aumentam até a dose equivalente a 50 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto, apresentando, logo em seguida, um decréscimo. Comportamento inverso pode ser observado para o Mg^{+2} (Figura 2 b). Estes resultados evidenciam que a incorporação de doses crescentes de lodo de esgoto apresentou forte influência sobre a translocação de Ca^{+2} no solo, mostrando a maior susceptibilidade à lixiviação do Mg^{+2} em comparação ao Ca^{+2} , tal como relata Rajj (1991).

De acordo com a Figura 2 c, a presença do K^{+} ($1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na camada superficial do solo foi considerada baixo (Rajj et al., 1997), indicando que a solubilização do K^{+} na camada arável pode ter sido incrementada para favorecer o equilíbrio químico da solução do solo com a formação de pares iônicos (Lindsay, 1979).

Em relação aos teores de Al^{+3} no solo (Figura 2 d) não apresentaram diferenças significativas, na média, entre os tratamentos, confirmando resultados obtidos por Gianello & Ernani (1983), que observaram redução do Al^{+3} e aumento do pH.

Os comportamentos das variáveis dependentes soma de bases - S, capacidade de troca de cátions - CTC [= S + (H+Al)] e saturação por bases - V % [= 100S/T] do solo para os tratamentos com doses crescentes de lodo de esgoto estão apresentados na Figura 3.

Verificou-se que houve diferença estatística significativa para a soma de bases - S (Figura 3 a). O uso da dose equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto resultou no maior valor de S. A partir daí, as maiores doses apresentaram menores valores para a soma de bases, o que pode estar relacionado com a menor quantidade de nutrientes deixados no solo por esses tratamentos. Nota-se também que o valor maior para S foi o que apresentou maior teor de P, MO, pH, Ca⁺² e Mg⁺², confirmando que a matéria orgânica (lodo de esgoto) contribuiu significativamente para a melhoria das propriedades químicas do solo.

Os maiores valores para a capacidade de troca de cátions - CTC (Figura 3 b) foram obtidos quando se usou as doses correspondentes a 25 e 50 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, vindo a concordar com Kiehl (1985), em que a matéria orgânica contribui com 50-60 % na CTC em solos arenosos. Carvalho et al. (2004) obteve CTC superior à observada para lodo de esgoto, sendo de 59,5 e 62,5 mmol_c dm⁻³ para crotalária e milho, respectivamente. Cavallaro et al (1993) encontraram um comportamento crescente da CTC em função da aplicação de lodo de esgoto em doses que variaram de 0 a 240 Mg ha⁻¹.

Os valores médios de saturação por bases - V (Figura 3 c) indicaram um comportamento quadrático, onde o tratamento que mais contribuiu para o V foi o equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto. De acordo com Raij et al. (1997), o valor ideal de V para a

correção do solo é 70 %. Neste experimento, todos os tratamentos apresentaram valores superiores ao recomendado.

Para comparar os efeitos provocados no solo pelos tratamentos com a dose correspondente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto - LE e de lodo de esgoto vermicompostado - LEV, foi aplicado o teste t de Student, a fim de se verificar as hipóteses H₀ e H₁ (Tabela 2). O referido teste compara as médias das amostras dos dois tratamentos e sinaliza, através do valor do nível de significância (observando-se o valor de p), qual das hipóteses tem validade. Observa-se que em na maioria dos casos o valor de p é inferior ao nível de significância (0,05) para todas as variáveis dependentes. Isto quer dizer que os tratamentos comparados produzem efeitos diferentes. Somente a matéria orgânica e o cálcio produzem efeitos semelhantes, pois apresentam valor de p superior ao nível de significância de 5 %.

Conclusões

1. O uso do lodo de esgoto afetou positivamente o pH, CE, Ca, Mg, MO do solo, com efeito linear significativo das doses empregadas.
2. Houve diferença significativa entre o lodo de esgoto *in natura* e o vermicompostado para os parâmetros estudados, com exceção para cálcio e matéria orgânica.
3. Os valores encontrados para V % foram superiores ao recomendado pela literatura, em todas as doses utilizadas, indicando que o uso do lodo de esgoto como adubo é promissor.

Agradecimentos

À Rede CCI/FIUC pela oportunidade de desenvolver esse trabalho parte do Projeto de Pesquisa “Formação de técnicos para melhorar a qualidade de solos em países em desenvolvimento”; à UNICAP pelas análises laboratoriais.

Referências

AJIBOYE, B; AKINREMI, O.O.; RACZ, G.J. Laboratory characterization of phosphorus in fresh and oven-dried organic amendments. **Journal of Environmental Quality**, v.33, p.1062-1069, 2004.

ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problema em solução**. Curitiba: SANEPAR, 2.ed, p.28-35. 2001.

ANJOS, A.R.M. dos. **Lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com biossólido e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho**. Piracicaba, 1999. 191p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ARAÚJO, Q.K.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M.; LOURES, E.G.; REGAZZI, A.J.; FONTES, L.E.F.; CASALI, V.W.D. Ação da queima e da percolação sobre propriedades químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo variação uma. **Revista Ceres**, v. 41, p.537-558, 1994.

BARBOZA, R. S. L. **Influência do lodo de esgoto na nodulação e no desenvolvimento do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp)**. 84p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Recife, 2007.

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**, Viçosa, v.21, p. 685-691, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório**: reconhecimento dos solos do Estado de Pernambuco. Recife, 1973. 431 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Superintendência do Planejamento. **Aptidão agrícola das terras de Pernambuco**. Brasília, BINAGRI, 98p. 1979 (Coleção Estudos Básicos para Planejamento Agrícola, 5).

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.11-33. 1987.

CARVALHO, M.A.C.; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P.; ALVES, M.C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1141-1148, 2004.

CAVALLARO, N.; PADILLA, N.; VILLARRUBIA, J. Sewage sludge effects on chemical properties of acid soils. **Soil Science**, v.156, n.2, p.63-70, 1993.

CLAPP, C.E.; STARK, S.A.; CLAY, D.E.; LARSON, W.E. **Sewage sludge organic matter and soil properties**. In: CHEN, Y.; AVNIMELECH, Y. (ED.). The role of organic matter in modern agriculture. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1986. cap.10, p.209-253.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 400p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

EPSTEIN, E.; TAYLOR, J.M.; CHANEY, R.L. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. **Journal of Environmental Quality**, v.5, n.4, p.422-426, 1976.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.1097-1104, 2003.

FAO. **World agriculture: towards 2010**, by N. Alexandratos. Ed.New York. John Wiley & Sons.1995.

FARIA, Luis Carlos de. **Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucaliptos: demanda, potencial e crescimento das árvores e viabilidade econômica**. 2007. 124p. Tese de Doutorado (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Piracicaba, São Paulo.

FERREIRA, R.C. **Uso do lodo de esgoto no desenvolvimento do açaí (Euterpe oleracea Mart.)**. 59 f: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais. 2008.

GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frango, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.285-290, 1983.

HARDING, S.A.; CLAPP, C.E.; LARSON, W.E. Nitrogen availability and uptake from field soils five years after addition of sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v. 14, n. 1, p.95-100, 1985.

HOHLA, G.N.; JONES, R.L.; HINESLY, T.D. The effect of anaerobically digested sewage sludge on organic fractions of blount silt loam. **Journal of Environmental Quality**, v.7, n.4, p.559-563, 1978.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 395-401, 1995.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Ceres, 1985.

KOFFLER, N.F.; LIMA, J.F.W.F.; LACERDA, M.F.; SANTANA, J.F.; SILVA, M.A.. **Caracterização edafo-climática das regiões canavieiras do Brasil - Pernambuco**. Piracicaba, MIC/ PLANALSUCAR. 1986. 85 p.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils**. New York, Wiley-Interscience, 1979. 449p.

LOGAN, T.J.; LINDSAY, B.J.; GOINS, L.E.; RYAN, J.A. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, v.26, n.2, p.534-550, 1997.

LOPES, M.S. Salinidade quais as conseqüências. **Lavoura Arrozeira**, v.42, n.383, p.6-10, 1989.

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.

MESSIAS, A. S. et al. **Uso de lodo de esgoto em plantas condimentares e medicinais na Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil**. Recife: projeto de pesquisa da Rede FIUC, 2006. 85 p. (cadastro 34644-QUI-004-2006/13E).

MESSIAS, A.S.; SILVA, H. A.; LIMA, V. N.; SOUZA, J.E.G. Avaliação da mobilidade de micronutrientes em solo tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.3, n.3, p193-211, set-dez, 2007.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley & Sons, 2001. 372 p.

PEREIRA, E. R. **Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plástico com diferentes níveis de perfuração**. 2002. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.

POLGLASE, P.J. ; MYERS, B.J. Tree plantations for recycling effluent and biosolids in Austrália. In: Eldridge, K.G., ed. Environmental management: the role of eucalypts and other fast cropping species: **Proceedings**...Collingwood, CSIRSO, 1996. p.100-109.

QUEIROZ, F.M.; MATTOS, A.F.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 34, p.1487-1492, 2004.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo a adubação**. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico, 1997.287 p. (Boletim Técnico, 100).

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.C. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p.713-721, 1998.

SANTOS, I.; BETTIOL, W. Efeito do lodo de esgoto no crescimento micelial de fitopatógenos habitantes do solo na podridão do colo de plântulas de feijoeiro, causadas por *Sclerotium rolfsii*, em condições controladas. **Ecossistema**, v. 26, p.157-161. 2001.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.123-131, 2007.

SILVA, A. B. da. **Planejamento experimental e modelagem estatística do efeito do uso do lodo de esgoto em solos**. 51 f. il. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais. 2008.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o bio-sólido produzido no Distrito Federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.487-495, 2002.

SILVEIRA, R.R. **Dinâmica de nutrientes em três solos do estado de Pernambuco tratados com bio-sólido**. 2001. 66p.il. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2001.

STARK, S.A.; CLAPP, C.E. Residual nitrogen availability from soils treated with sewage sludge in a field experiment. **Journal of Environmental Quality**, v.9, n.3, p.505-512, 1980.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio-sólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A. (ed) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. cap. 4, p. 69-106.

VIDOR, C. Descarte de lodo de estações de tratamento de efluentes domésticos no solo. In: TEDESCO, M. J. & GIANELLO, C. (Ed.) **Manejo racional de resíduos no solo**. Porto Alegre: DS/UFRGS, p. 128-150, 1999.

Tabela 1. Características químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Pernambuco - ETE / TIP, Recife, Pernambuco

pH	P	Cu	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Na	K	Ca	Mg	N	C	MO	C/N
(H ₂ O)	mg	cmole	cmole	cmole	cmole	g	g	g							
	kg ⁻¹	dm ⁻³	dm ⁻³	dm ⁻³	dm ⁻³	kg ⁻¹	kg ⁻¹	kg ⁻¹							
5,1	45	155	169	548	207	10	120	0,3	2,1	9,4	1,2	22,5	28,5	49,3	12,7

(Valores com base na matéria seca)

Tabela 2. Respostas do teste t na comparação entre a dose correspondente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto - LE e a equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado – LEV

Variável dependente	LEV	LE	t	g l	p
P	39,52000	36,38000	11,9711	8	0,000002
pH	6,30000a	6,20000a	---	8	---
CE	2,08200	1,98600	2,5936	8	0,031932
MO	26,0800b	26,78000b	-1,7734	8	0,114088
Ca	5,40000c	5,72000c	-1,9695	8	0,084414
Mg	2,38000	3,84000	-6,8073	8	0,000137
K	1,00000	1,00000	---	8	---
Al	0,62000	0,18000	6,3509	8	0,000220
S	12,7000	15,54000	-20,0427	8	0,000000
CTC	17,34000	20,4400	-20,3525	8	0,000000
V %	73,46000	76,16000	-3,7363	8	0,005735

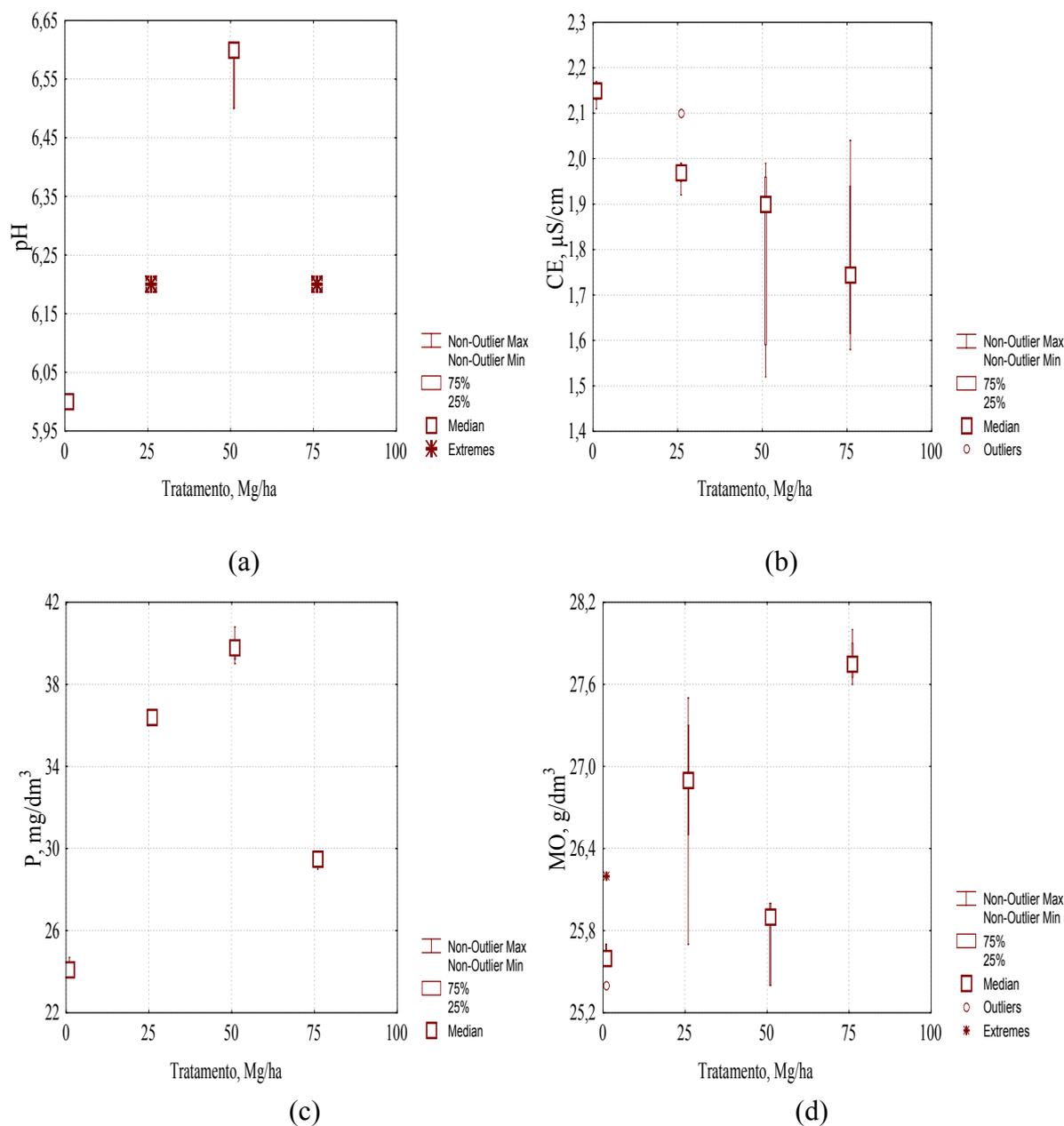
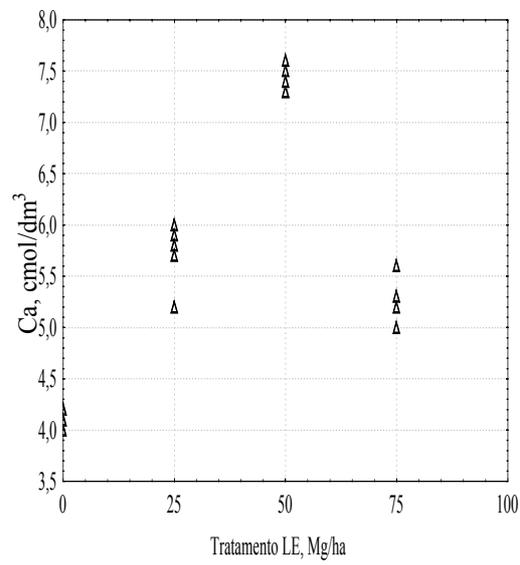
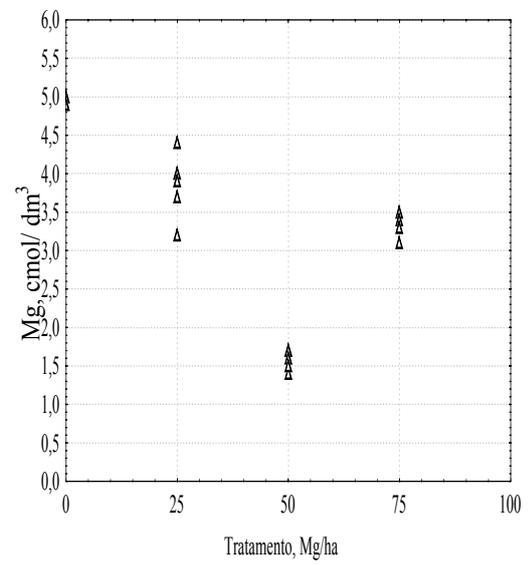


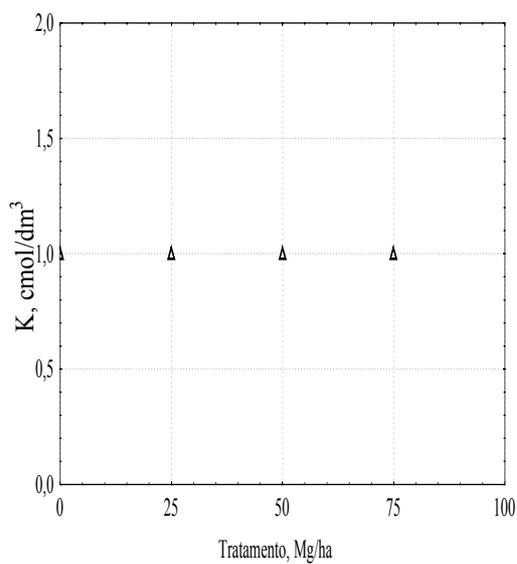
Figura 1. Potencial hidrogeniônico - pH (a), condutividade elétrica - CE (b), fósforo disponível - P (c) e matéria orgânica - MO (d) do solo tratado com lodo de esgoto



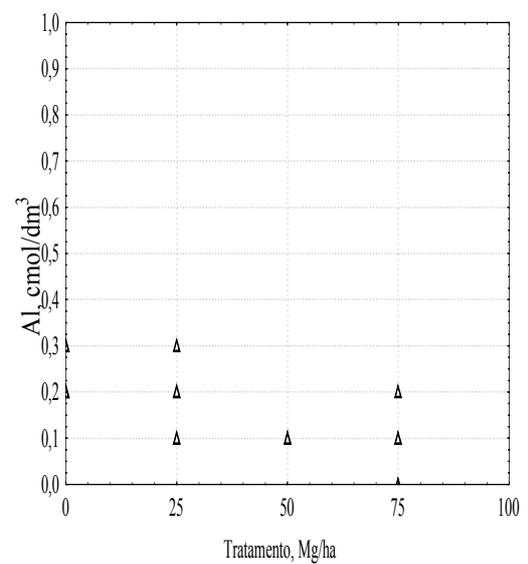
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2. Teores de cálcio (a), magnésio (b), potássio (c) e alumínio (d) trocáveis do solo, em função das doses de lodo de esgoto aplicadas

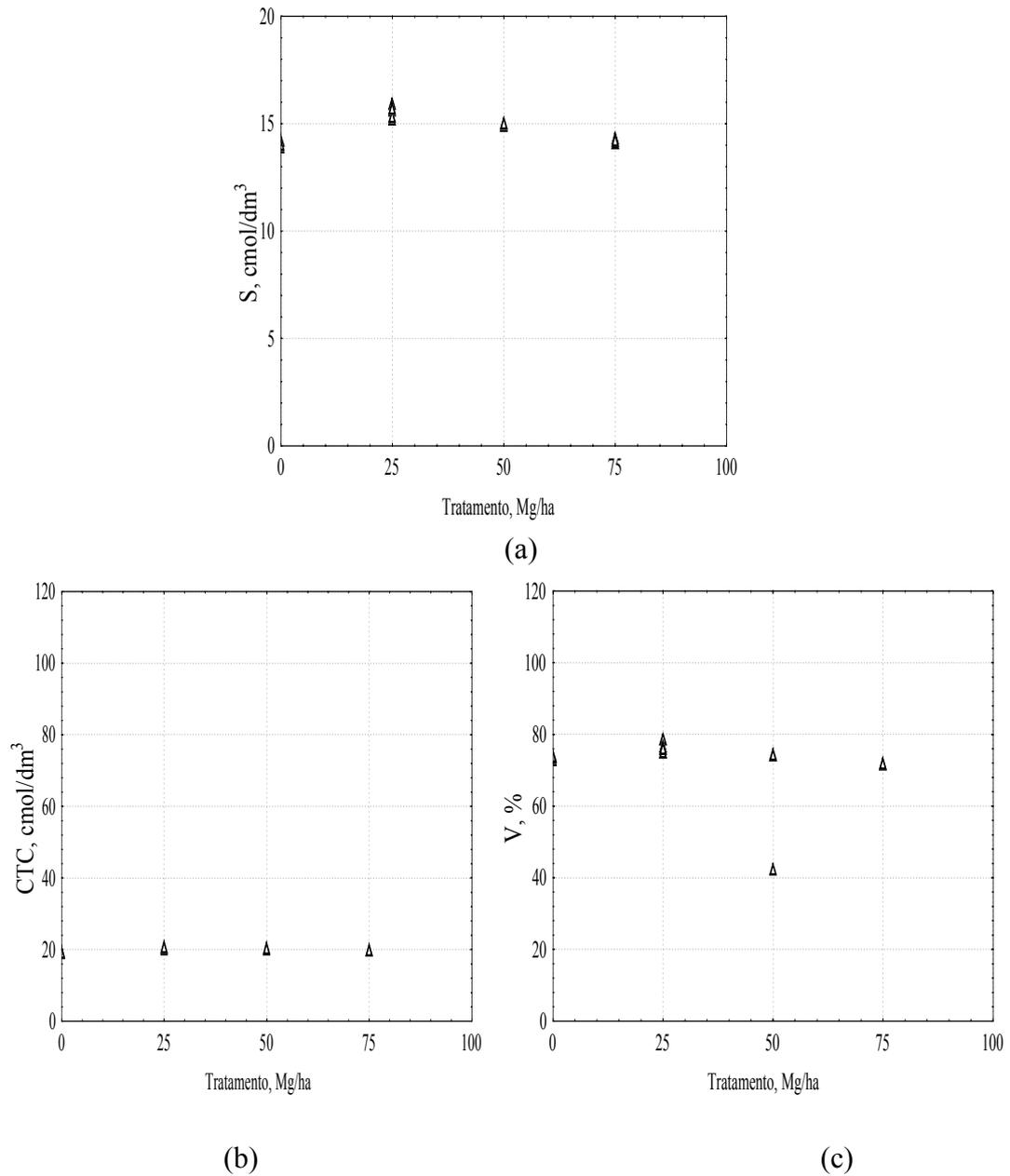


Figura 3. Soma de bases – S, capacidade de troca de cátions - CTC e saturação por bases - V do solo para os tratamentos com doses de lodo de esgoto

CAPÍTULO 3

(de acordo com as instruções da revista *Pesquisa Agropecuária Tropical* – PAT, ANEXOS)

INFLUÊNCIA DE DOSES DE LODO DE ESGOTO NA PRODUTIVIDADE DO RABANETE EM CONDIÇÕES DE CAMPO¹

Maria dos Anjos de Jesus Barros Monteiro Lopes², Arminda Saconi Messias³,

Vanessa Natália de Lima⁴, Valdemir Alexandre dos Santos³

RESUMO

Diante da expectativa do uso de resíduo sólido na agricultura, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses variadas de lodo de esgoto no desenvolvimento do rabanete (*Raphanus sativus* L.), cultivar cometo. Para isso foi conduzido um experimento de campo na Comunidade Famílias Unidas, no município de Camaragibe, Pernambuco. Foram testadas as doses correspondentes a 0, 25, 50 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto mais a dose equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado pela vermelha da Califórnia, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Aos 30 dias após semeadura, foram coletados dados de número de folhas por planta – NFP, altura de plantas – AP (cm), diâmetro de raiz – DR (cm) e produção de tubérculo (t/ha). Após análise estatística verificou-se que as doses correspondentes a 25 e 50 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto proporcionaram melhores resultados para os parâmetros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo sólido, solo, hortaliça, produção.

1. Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora, apresentada à Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP. Projeto pertencente à Rede CCI/FIUC – Federação Internacional das Universidades Católicas, sobre “Formação de técnicos para melhorar a qualidade de solos em países em desenvolvimento”.

2. Pós-graduanda em Desenvolvimento de Processos Ambientais da UNICAP.

3. Professores do Curso de Engenharia Ambiental e do Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais da UNICAP. Pesquisadora da UNICAP e do IPA. Rua do Príncipe, 526, Boa Vista, Bloco G4, 8^o andar, CEP 50.050-900 Recife (PE). E-mail: saconi@unicap.br.

4. Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental, UNICAP. Bolsista PIBIC IPA/FACEPE.

ABSTRACT

INFLUENCE OF DOSES OF SEWAGE SLUDGE IN PRODUCTIVITY OF RABANETE
IN TERMS OF FIELD

Considering the possibility of using solid waste in the agriculture, the aim of this work was to evaluate the effects of various doses of sewage sludge in the development of radish (*Raphanus sativus* L.). For this purpose, a field experiment was conducted in the United Families Community, in the municipality of Camaragibe, Pernambuco. Doses corresponding to 0, 25, 50 and 75 Mg ha⁻¹ of sewage sludge and the dose equivalent to 25 Mg ha⁻¹ of sewage sludge humus California red were tested in experimental design of random blocks, with three repetitions. After 30 days of sowing, data regarding the number of leaves per plant - NFP, height of plants - AP (cm), root diameter - RD (cm) and production of tuber (t / ha) were collected. After statistical analysis it was found that the doses corresponding to 25 and 50 Mg ha⁻¹ of sewage sludge provided better results for the parameters evaluated.

KEY WORDS: solid waste, soil, vegetables, production.

INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade do rabanete é realizada, principalmente, através da sua aparência, sabor e valor nutritivo. Por essa razão, o agricultor realiza fertilizações minerais pesadas, procurando aumentar seu tamanho, sua produtividade; melhorar sua aparência e, assim, conseguir uma boa cotação de mercado. A fertilização mineral é, em várias situações, o insumo mais caro nos custos do sistema de produção de hortaliças, sendo uma das práticas que mais afeta essa produção, tanto sob o aspecto tecnológico quanto econômico (Filgueira 2000). As doses de fertilizantes aplicadas no solo não devem ser limitantes ao crescimento e à produtividade das culturas; no entanto, se em excesso, poderão interferir na absorção de outros nutrientes (Coutinho *et al.* 1993). A produção de mudas de qualidade é uma das etapas mais importantes no cultivo de hortaliças (Silva Júnior *et al.* 1995), pois delas depende o desempenho final das plantas nos canteiros de produção (Carmello 1995).

Os adubos orgânicos, por sua vez, podem ser fontes mais baratas de nutrientes que as fontes minerais, especialmente nos locais onde sua obtenção é facilitada (Rodrigues & Casali 2000). Um bom substrato deve possuir características físicas, químicas e biológicas que ofereça as melhores condições para que haja uma excelente germinação e favoreça o desenvolvimento das mudas (Gonçalves 1994). Segundo Schmitz *et al.* (2002), o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), a salinidade e o teor de matéria orgânica constituem as principais propriedades químicas consideradas na caracterização de substratos. Em relação às propriedades físicas, os autores destacam a densidade, a porosidade, o espaço de aeração e a economia hídrica (volumes de água disponíveis em diferentes potenciais).

A utilização do lodo de esgoto como adubo orgânico tem sido mencionada como uma alternativa para o destino final deste resíduo, principalmente pela concentração predominante de matéria orgânica e fonte considerável de nutrientes; como também, pela sua atuação como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Andreoli *et al.* 2001, Faria 2007).

Além do ponto de vista ambiental e econômico, a utilização do lodo na agricultura é vantajosa, pois confere ao solo maior capacidade de retenção de água, porosidade (aeração das raízes) e estabilidade dos agregados, maior resistência à erosão, efeito residual utilizável para culturas subseqüentes e, possivelmente, induz a supressividade dos solos aos fitopatógenos (Melo *et al.* 1994, Polglase & Myers 1996, Berton *et al.* 1997, Santos & Bettioli 2001, Silva *et al.* 2002).

Segundo Aguila (2004) e Camargo (1981), o rabanete é uma das plantas hortaliças mais antigas que se tem notícia, havendo registros de que ele seja cultivado há mais de três mil anos, provavelmente originado do sul da Europa ou sudeste da Ásia. Já no tempo dos faraós era cultivado no Egito. Os gregos apreciavam muito o rabanete, que era servido em vasos de ouro, nos sacrifícios ao deus Apolo. Essa hortaliça foi introduzida na Inglaterra e França no século 16; em princípios do século 19, variedades dessa planta eram conhecidas na América. É uma hortaliça com inúmeras propriedades, atuando como diurético, antiescorbútico, estimulante da função das glândulas digestivas e do fígado, além de ter ação anticancerígena. Além dessas propriedades, o rabanete é por excelência, uma ótima fonte de cálcio, fósforo, ferro, vanádio e regular fonte de manganês. Contendo, ainda vitaminas B1 e

B2, ácido nicotínico e vitamina C. O rabanete tanto pode ser consumido cru, bem lavado, como cozido, em saladas ou sob a forma de pickles.

Classificado como pertencente à família *Brassicaceae*, gênero *Raphanus* e espécie *Raphanus sativus* (Aguila 2004), o rabanete apresenta um ciclo dividido em fase vegetativa e reprodutiva. Na fase vegetativa a planta emite um tufo de folhas, dispostas em roseta, e forma uma raiz tuberosa. Na fase reprodutiva ocorre o pendoamento, florescimento e frutificação (Minami & Tessarioli Neto 1997).

O rabanete é uma espécie cultivada principalmente em propriedades relativamente pequenas em cinturões verdes, em áreas com acentuada diversidade no cultivo de hortaliças. O rabanete é uma hortaliça anual, de ciclo curto, produz uma raiz tuberosa com formato arredondado ou alongado, pouco profunda, ficando entre 45 a 60 cm, com a cor da casca avermelhada e da polpa, branca. O ciclo curto é um aspecto interessante para a composição de sistemas de produção com espécies mais tardias, permitindo o planejamento de aproveitamento racional do terreno. Trata-se de uma espécie importante, do ponto de vista econômico, mas pouco contemplada pela pesquisa (Marcos Filho & Kikut 2006).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a resposta do rabanete cultivar cometo às doses de lodo de esgoto aplicadas em solo de textura média.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental situada na Comunidade Famílias Unidas, no bairro de Santa Mônica, município de Camaragibe, Pernambuco, Brasil, entre setembro de 2007 a março de 2008, em solo ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico (Embrapa 1999), fase floresta subperenifólia, relevo plano a suave ondulado, material de origem são sedimentos do Grupo Barreiros (Terciário), textura média, drenagem interna boa a moderada, não susceptível à erosão, de baixa a média fertilidade, com 10 % de representatividade do Estado, pertencente à Zona Litoral Norte, localizada na porção nordeste do estado de Pernambuco, onde predomina o clima Ams' de Köppen, tropical chuvoso de monção com verão seco. A temperatura média anual é de 24,8 °C, com máxima média de 30,2 °C e mínima média de 19,3 °C. As temperaturas mais baixas ocorrem no período de junho a setembro. A precipitação pluviométrica anual é de 1.715,7 mm, com período mais seco entre

outubro e dezembro. Os ventos são leves, apresentando velocidade média de 159 km por dia, predominando a direção E-SE. A umidade relativa do ar é alta, 83 % em média, e a evaporação do tanque Classe “A” é de 2.122 mm anuais (Camargo *et al.* 1987, Koffler *et al.* 1986, Brasil 1979, Brasil 1973).

As caracterizações química e física da camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da semeadura do rabanete, realizadas segundo Embrapa (1997), resultaram em: 7,4 g kg⁻¹ de argila; 89,6 g kg⁻¹ de areia; 3,0 g kg⁻¹ de silte; 2,4 g dm⁻³ de matéria orgânica; 20 mg dm⁻³ de P; 0,15 mg dm⁻³ de K; 3,40 mg dm⁻³ de Ca; 0,55 mg dm⁻³ de Mg; 3,21 mg dm⁻³ de S; e CTC igual a 5,70 cmol_c dm⁻³. Os teores totais dos elementos potencialmente tóxicos foram, em mg kg⁻¹: Zn = 1,8; Cu = 1,5; Mn = 5,0 e Fe = 1,6.

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi o oriundo do leito de secagem da Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Pernambuco - ETE / TIP, Recife, Pernambuco, que trata esgoto doméstico. Após a coleta, o material foi devidamente preparado para avaliação de sua composição química (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos (zero, 25, 50 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto mais 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado com a Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*). Resíduos provenientes da ETE – TIP, Recife/PE) e três repetições. Os canteiros de alvenaria mediram 1 m de largura por 6 m de comprimento e 0,20 m de profundidade, com 21 fileiras espaçadas de 0,35 m entre fileiras e 0,15 m entre plantas, sendo consideradas nas avaliações as plantas centrais, com área útil de 2 m².

O plantio do rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivar cometo foi realizado por meio de semeadura direta, numa profundidade de 1,5 cm, colocando-se 10 gramas de sementes por canteiro da cultivar Cometo. Após a germinação (de três a cinco dias), foi feito o desbaste deixando-se as plantas que apresentavam folhas bem desenvolvida.

Foram realizados os tratos culturais normais para a cultura, incluindo irrigação por aspersão, até duas vezes ao dia, procurando fornecer quantidade de água suficiente para o bom desenvolvimento do rabanete nos períodos de ausência de precipitação; sombreamento com folhas de bananeira ou palmeira, a fim de evitar evapotranspiração elevada nos períodos mais quentes, e capinas manual ou com auxílio de enxadas para manter a cultura livre de plantas invasoras.

A colheita do rabanete foi realizada 30 dias após semeadura, fazendo amostragem na área útil estipulada para os canteiros, em 10 pontos equidistantes, para imediatamente ser procedida a contagem do número de folhas das plantas, altura das folhas (avaliada em centímetros, mediante a tomada de medida entre o colo e o ápice da folha com maiores dimensões) e diâmetro de raiz (medido com o auxílio de paquímetro e obtenção dos dados em centímetros). Logo após, procedeu-se o descarte da parte aérea, as raízes foram lavadas e pesadas; calculou-se o peso médio das raízes de cada tratamento e os valores foram convertidos em $t \cdot ha^{-1}$, conforme Pereira (2002). Ao final da colheita efetuou-se a amostragem do solo, coletando-se sub-amostras em ziguezague que originaram uma amostra composta por canteiro, para análise química (dados não apresentados) de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

Para avaliar como as tendências variaram com o aumento de concentração, foram confeccionada uma série de gráficos e funções matemáticas, a partir dos quais foram geradas. Foi utilizado o software Origin V 5.0. Depois de seguidas tentativas para avaliar qual a melhor função se ajustava para cada comportamento, obteve-se uma série de parâmetros matemáticos e estatísticos ao nível de 95 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a número de folhas por planta – NFP, altura de plantas – AP (cm), diâmetro de raiz – DR (cm) e produção de tubérculo (t / ha) são apresentados na Tabela 2 e, como diagramas de dispersão, na Figura 1, que mostra as tendências das variáveis dependentes com a variação dos valores dos tratamentos utilizados (Montgomery, 2001).

Analisando-se as características da planta com relação ao número de folhas produzidas (Tabela 2, Figura 1a), observa-se que quando se empregou a dose equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto tanto “in natura” como vermicompostado houve um maior aparecimento de folhas na cultura do rabanete, apresentando uma resposta estatisticamente sem diferença até a dose correspondente a 50 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto. Esses números foram superiores aos encontrados para a testemunha, que superaram numericamente a dose correspondente a 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, porém sem diferença estatística. Esse mesmo comportamento foi observado em relação à altura de plantas (Tabela 2, Figura 1b).

O crescimento do rabanete inicialmente foi lento, sendo que ao final do ciclo a produção estimada foi de 18,02 t/ha quando se utilizou a dose equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (Tabela 2, Figura 1d), apresentando diâmetro de raiz igual 3,95 cm (Tabela 2, Figura 1c). Verificou-se um grande investimento inicial na parte aérea, logicamente para o estabelecimento dos órgãos responsáveis pela fonte de fotoassimilados. Resultados semelhantes foram observados por Nunes *et al.* (1981) e Haag & Minami (1987) em beterraba.

Observa-se, também, que quando foram utilizadas as doses correspondentes a 25 e 50 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto e 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado, a produção de rabanete ficou dentro do intervalo aceitável para essa hortaliça (15 a 20 t/ha) segundo Pereira (2002), o que se apresenta como um indicativo do uso agrícola do lodo de esgoto.

Para comparar os efeitos provocados no rabanete pelos tratamentos com a dose correspondente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto - LE e de lodo de esgoto vermicompostado - LEV, foi aplicado o teste t de Student, a fim de se verificar as hipóteses H₀ e H₁ (Tabela 3). O referido teste compara as médias das amostras dos dois tratamentos e sinaliza, através do valor do nível de significância (observando-se o valor de p), qual das hipóteses tem validade. Observa-se que em todos os casos o valor de p é superior ao nível de significância (0,05) para todas as variáveis dependentes. Isto quer dizer que os tratamentos comparados produzem os mesmos efeitos. Portanto, há de se levar em consideração na escolha dos adubos “in natura” ou vermicompostado, a análise econômica.

CONCLUSÕES

1. O cultivo de rabanete apresentou resposta positiva para os parâmetros analisados quando se utilizou dose equivalente a 25 e 50 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.
2. O uso da dose correspondente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto foi estatisticamente semelhante à mesma dose de lodo de esgoto vermicompostado pela Vermelha da Califórnia.
3. A produção de rabanete cultivar Cometo ficou no intervalo aceitável para essa hortaliça.

AGRADECIMENTOS

À rede CCI/FIUC pela oportunidade de desenvolver esse trabalho; a UNICAP pelas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS

- Aguila, J.S. 2004. Processamento mínimo de rabanete: estudos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos. Dissertação – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, São Paulo. 123 f.
- Andreoli, C.V., A.I. Lara & F. Fernandes. 2001. Reciclagem de biossólidos: transformando problema em solução. Curitiba: SANEPAR, 2.ed. p.28-35.
- Berton, R.S., J.M.A.S Valadares, O.A. Camargo & O.C. Bataglia. 1997. 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, Viçosa, v.21. p. 685-691.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. 1973. Levantamento exploratório - reconhecimento dos solos do Estado de Pernambuco. Recife. 431 p.
- Brasil. Ministério da Agricultura. Superintendência do Planejamento. 1979. Aptidão agrícola das terras de Pernambuco. Brasília, BINAGRI (Coleção Estudos Básicos para Planejamento Agrícola, 5). 98 p.
- Camargo, L.S. 1981. As hortaliças e seu cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 321 p.il.

- Camargo, M.N., E. Klamt & J.H. Kauffman. 1987. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.12. p.11-33.
- Carmello, QAC. 1995. Nutrição e adubação de plantas hortícolas. In: Minami, K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T.A. Queiroz. p. 27-37.
- Coutinho, E.L.M., W. Natale & E.C.A. Souza. 1993. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: Ferreira, M.E., P.D. Castellane & M.C.P. Cruz (eds). Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: POTAFÓS. p. 85-140.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, R. J). 1999. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Brasília: Embrapa. 412 p.
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo (Rio de Janeiro, R. J). 1997. Manual de métodos de análise de solo, Rio de Janeiro. 400 p.
- Faria, L.C. de. 2007. Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucaliptos: demanda, potencial e crescimento das árvores e viabilidade econômica. Universidade de São Paulo: Tese de Doutorado (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Piracicaba. 124 f.
- Filgueira, F.A.R. 2000. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças, Viçosa: ed.UFV. 402 p.
- Gonçalves, A.L. 1994. Substratos para produção de mudas ornamentais. In: Minami, K, J. Tessarioli Neto, S.R. Penteadó & J.A. Scarpore Filho. Produção de mudas hortícolas de alta qualidade. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE. 156 p.
- Haag, H. P & K. Minami. 1987. Nutrição mineral de hortaliças: LXIII. Requerimento de nutrientes pela cultura da beterraba. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba: v.44. p. 401-407.
- Koffler, N.F., J.F.W.F. Lima, M.F. Lacerda, J.F. Santana & M.A. Silva. 1986. Caracterização edafo-climática das regiões canavieiras do Brasil - Pernambuco. Piracicaba, MIC/PLANALSUCAR. 85p.
- Marcos Filho, J. & A.L.P. Kikut. 2006. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo. Revista Brasileira de Sementes, v. 28. p. 44-51.
- Melo, W. J., M.O. Marques, G. Santiago, R.A. Chelli & S.A.S. Leite. 1994. 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.
- Minami, K. & J. Tessarioli Neto. 1997. Rabanete: cultura rápida para temperaturas amenas e solos areno-argilosos. Piracicaba: ESALQ. 27 p.

- Monteiro, J.E.B., I.J.O. Silva & S.M.S. Piedade. 2000. Modificação da ambiência de túneis baixos com o uso de filmes plásticos perfurados. Campinas: Revista de Horticultura Brasileira, v.18. p. 236-247.
- Montgomery, D. C. 2001. Design and analysis of experiments. New York: John Wiley & Sons. 372 p.
- Nunes, M.A., M.A. Dias, A.M. Gaspar, M.D. Oliveira, E. Pinto & A.L. Carapau. 1981. Análise do crescimento da beterraba sacarina em cultura de primavera. Agricultura Lusitana, [S.J.], v.40, n.3. p. 217-240.
- Pereira, E.R. 2002. Cultivo da rúcula e do rabanete sob túneis baixos cobertos com plástico com diferentes níveis de perfuração. Dissertação (Mestrado) da ESALQ, 113 p.il.
- Polglase, P.J. & B. J. Myers. 1996. Tree plantations for recycling effluent and biosolids in Austrália. In: Eldridge, K.G. (ed). Environmental management: the role of eucalypts and other fast cropping species: Proceedings...Collingwood, CSIRSO. p.100-109.
- Rodrigues, E.T. & V.W.D. Casali. 2000. Resposta da alface à adubação orgânica. I. Seleção de cultivares. Revista Ceres, v. 47. p. 461-467.
- Santos, I. & W. BETTIOL. 2001. Efeito do lodo de esgoto no crescimento micelial de fitopatógenos habitantes do solo na podridão do colo de plântulas de feijoeiro, causadas por *Sclerotium rolfsii*, em condições controladas. Ecosistema, v. 26. p.157-161.
- Silva, J.E., D.V.S. Resck & R. D. Sharma. 2002. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26. p. 487-495.
- Silva Júnior, A.A., S.G. Macedo & H. Stuker. 1995. Utilização de esterco de peru na produção de mudas de tomateiro. Florianópolis: EPAGRI, (Boletim Técnico, 73). 28p.
- Schmitz, J.A.K., P.V.D. Souza & N.A. Kämpf. 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. Ciência Rural, v. 32. p. 937-944.

Tabela 1. Características químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto do Terminal Integrado de Pernambuco - ETE / TIP, Recife, Pernambuco

pH	P	Cu	Fe	Zn	Mn	Cd	Pb	Na	K	Ca	Mg	N	C	MO	C/N
(H ₂ O)	mg	cmole	cmole	cmole	cmole	g	g	g							
	kg ⁻¹	dm ⁻³	dm ⁻³	dm ⁻³	dm ⁻³	kg ⁻¹	kg ⁻¹	kg ⁻¹							
5,1	45	155	169	548	207	10	120	0,3	2,1	9,4	1,2	22,5	28,5	49,3	12,7

(Valores com base na matéria seca)

Tabela 2. Valores médios referentes a número de folhas por planta - NFP, altura de plantas - AP (cm), diâmetro de raiz - DR (cm) e produção de tubérculo - PT (t/ha), obtidos aos 30 dias após a semeadura do rabanete, cultivar Cometo

Tratamentos ¹ (Mg ha ⁻¹)	NFP	AP (cm)	DR (cm)	PT (t/ha)
0 LE	5,0b ²	10,4b	3,56b	12,56c
25 LEV	7,7a	17,2a	4,12a	17,45b
25 LE	7,6a	17,8a	3,95a	18,02a
50 LE	7,5a	17,5a	3,87a	17,66b
75 LE	4,2b	12,7b	3,42b	12,06c

¹LE = lodo de esgoto; LEV = lodo de esgoto vermicompostado com a Vermelha da Califórnia. ²Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 3. Respostas do teste t na comparação entre a dose correspondente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto - LE e a equivalente a 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado – LEV

Variável					
Dependente ¹	LEV	LE	t	g l	p
NFP	7,40000	7,80000	-2,82843	2	0,105573
AP	17,80000	18,00000	----	2	---
DR	4,28500	3,97500	1,11391	2	0,381236
PT	17,80500	17,78000	0,06043	2	0,957305

¹ Onde: número de folhas por planta - NFP, altura de plantas - AP (cm), diâmetro de raiz - DR (cm) e produção de tubérculo - PT (t/ha).

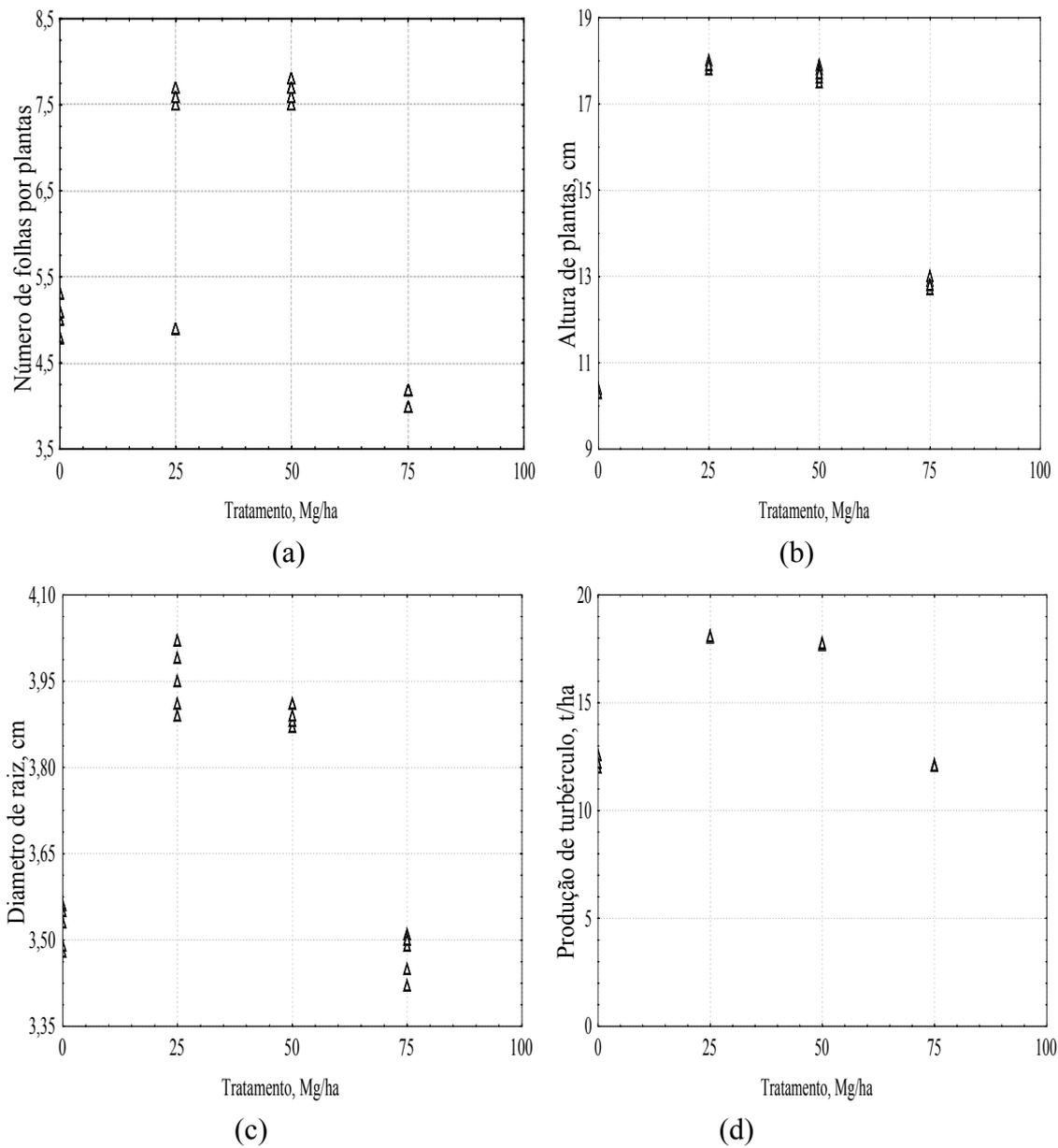


Figura 1. Comportamento das variáveis dependentes em relação aos tratamentos com 0, 25, 50 e 75 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto + 25 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto vermicompostado. (a) número de folhas por planta - NFP; (b) altura de plantas - AP; (c) diâmetro de raiz - DR; e (d) produção de tubérculo

ANEXOS

Capítulo 2

INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB – Pesquisa Agropecuária Brasileira

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não pode ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor. Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

Os trabalhos devem ser encaminhados por via eletrônica para: pab@sct.embrapa.br

A mensagem que encaminha o trabalho para publicação deve conter:

- *Título do trabalho.
- *Nome completo do(s) autor(es).
- *Formação acadêmica e grau acadêmico do(s) autor(es).
- *Endereço institucional completo e endereço eletrônico do(s) autor(es).
- *Indicação do autor correspondente.

- * Acima de quatro autores, informar a contribuição de cada um no trabalho.
- * Destaque sobre o aspecto inédito do trabalho.
- * Indicação da área técnica do trabalho.

* Declaração da não-submissão do trabalho à publicação em outro periódico.

Cada autor deve enviar uma mensagem eletrônica, expressando sua concordância com a submissão do trabalho.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

Acesso aos ítems:

[APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO](#)

[Título](#)

[Autores](#)

[Resumo](#)

[Termos para indexação](#)

[Introdução](#)

[Material e Métodos](#)

[Resultados e Discussão](#)

[Conclusões](#)

[Agradecimentos](#)

[Referências](#)

[Citações](#)

[Fórmulas, expressões e equações](#)

[matemáticas](#)

[Tabelas](#)

[Figuras](#)

[NOTAS CIENTÍFICAS](#)

[NOVAS CULTIVARES](#)

[OUTRAS INFORMAÇÕES](#)

APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no

caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

Título ▲

- * Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.
- * Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- * Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como "efeito" ou "influência".
- * Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- * Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- * As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

Nomes dos autores ▲

- * Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- * O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à respectiva chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

- * São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- * Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- * Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo ▲

- * O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separada do texto por travessão.
- * Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- * Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos empregados na pesquisa, os resultados e a conclusão.
- * O objetivo deve estar separado da descrição de material e métodos.
- * Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- * O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação ▲

- * A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras

minúsculas, exceto a letra inicial.

- * Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- * Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- * Não devem conter palavras que componham o título.
- * Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Introdução ▲

- * A palavra Introdução deve ser centralizada na página e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- * Deve ocupar, no máximo, duas páginas.
- * Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- * O último parágrafo deve expressar o objetivo, de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos ▲

- * A expressão Material e Métodos deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- * Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- * Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- * Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- * Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- * Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- * Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- * Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- * Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.
- * Pode conter tabelas e figuras.

Resultados e Discussão ▲

- * A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Resultados e Discussão devem ser grafados com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Deve ocupar quatro páginas, no máximo.
- * Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- * As tabelas e figuras são citadas sequencialmente.
- * Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos frente aos apresentados por outros autores.
- * Dados não apresentados não podem ser discutidos.

- * Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- * As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- * Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- * As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões ▲

- * O termo Conclusões deve ser centralizado na página e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo, e elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- * Não podem consistir no resumo dos resultados.
- * Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- * Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos ▲

- * A palavra Agradecimentos deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- * Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências ▲

- * A palavra Referências deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- * Devem ser normalizadas de acordo com as normas vigentes da ABNT.
- * Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- * Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- * Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- * Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- * Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- * Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

Teses e dissertações

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003.

Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em:

'<http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>. Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações ▲

* Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

* A autocitação deve ser evitada.

Redação das citações dentro de parênteses

* Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

* Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

* Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

* Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

* Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

* Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

* Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

Redação das citações fora de parênteses

* Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas ▲

* Fórmulas, expressões, símbolos ou equações matemáticas, escritas no editor de equações do programa Word, devem ser enviadas também em arquivos separados, no programa Corel Draw, gravadas com extensão CDR.

* No texto, devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

* Não devem apresentar letras em itálico ou negrito.

Tabelas ▲

* As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após referências.

* Devem ser auto-explicativas.

* Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

* Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

* O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

* No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

* Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

* Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.

* Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

* Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

* Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares.

* Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

* As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

Notas de rodapé das tabelas

* Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

* Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.

* Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ^{ns} (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras ▲

* São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

* Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

* O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

* Devem ser auto-explicativas.

* A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

* Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

* Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

* O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

* As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

* Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

* Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

* As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.

* Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

* Devem ser gravadas no programa Word, Excel ou Corel Draw (extensão CDR), para possibilitar a edição em possíveis correções.

* Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

* No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).

* Não usar negrito nas figuras.

* As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

* Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

NOTAS CIENTÍFICAS ▲

* Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

APRESENTAÇÃO DE NOTAS CIENTÍFICAS ▲

* A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

* Resumo com 100 palavras, no máximo.

* Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

* deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

NOVAS CULTIVARES ▲

* Novas Cultivares são breves comunicações de cultivares que, depois de testadas e avaliadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram superiores às já utilizadas e serão incluídas na recomendação oficial.

APRESENTAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES

Deve conter: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, título em inglês, Abstract, Introdução, Características da Cultivar, Referências, tabelas e figuras. As normas de apresentação de Novas Cultivares são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

* Resumo com 100 palavras, no máximo.

* Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.

* deve apresentar, no máximo, 15 referências e quatro ilustrações (tabelas e figuras).

* A introdução deve apresentar breve histórico do melhoramento da cultura, indicando as instituições envolvidas e as técnicas de cultivo desenvolvidas para superar determinado problema.

* A expressão Características da Cultivar deve ser digitada em negrito, no centro da página.

* Características da Cultivar deve conter os seguintes dados: características da planta, reação a doenças, produtividade de vagens e sementes, rendimento de grãos, classificação comercial, qualidade nutricional e qualidade industrial, sempre comparado com as cultivares testemunhas.

OUTRAS INFORMAÇÕES ▲

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.
- **Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: pab@sct.embrapa.br ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília, DF.**

Capítulo 3

Diretrizes para Autores

Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT) é o periódico científico trimestral editado pela Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, em versão impressa e eletrônica. Destina-se à publicação de artigos científicos, revisões, comunicações científicas e notas técnicas, relacionados ao desenvolvimento da atividade agropecuária na região dos trópicos. Os artigos de revisão somente são publicados a convite do Conselho Editorial.

A submissão de trabalhos a publicação deve ser feita exclusivamente via sistema eletrônico, acessível no endereço www.agro.ufg.br/pat. Todos os autores devem cadastrar-se no sistema e manifestar, por meio do autor correspondente, anuência acerca da submissão e do conhecimento da política editorial e normas para publicação na revista PAT. Durante a submissão *on-line*, o autor correspondente deve atestar, em nome de todos os autores, a originalidade do trabalho, a sua não submissão a outro periódico, a conformidade com as características de formatação requeridas para os arquivos de dados, bem como a concordância com os termos da Declaração de Direito Autoral, que se aplicará em caso de publicação do

trabalho. Ademais, deve indicar a seção ou categoria do trabalho (Artigo científico, Revisão, Comunicação científica ou Nota técnica), incluir os chamados meta dados (informações sobre os autores e sobre o trabalho, tais como título, resumo, palavras-chave – em Português e Inglês) e transferir o(s) arquivo(s) com o manuscrito e documentos suplementares, se houver.

Os trabalhos devem ser apresentados em até 25 páginas, se artigo científico ou de revisão, ou em até cinco páginas, se comunicação científica ou nota técnica. O texto deve ser editado em *Word for Windows* e digitado em página tamanho A-4 (210 mm x 297 mm), com margens de 2,5 cm, em coluna única e espaçamento duplo entre linhas. A fonte tipográfica deve ser *Times New Roman*, corpo 12. O uso de destaques como negrito e sublinhado deve ser evitado, mesmo em títulos e subtítulos. Todas as páginas devem ser numeradas. Os manuscritos submetidos à revista PAT devem, ainda, obedecer às seguintes especificações:

1. Os artigos científicos devem ser estruturados na ordem: *título* (máximo de 20 palavras; informar por meio de chamada numérica no rodapé a instituição em que o trabalho foi desenvolvido); *nomes completos dos autores* (informar apenas afiliações e endereços, também marcados com chamadas numéricas no rodapé); *título em inglês*; *abstract* (máximo de 200 palavras); *key-words* (no mínimo, três palavras, e, no máximo, cinco, separadas por ponto-e-vírgula); *resumo* (máximo de 200 palavras); *palavras-chave* (no mínimo, três palavras, e, no máximo, cinco, separadas por ponto-e-vírgula); *Introdução*; *Material e Métodos*; *Resultados e Discussão*; *Conclusões*; *Agradecimentos* (se necessário, em parágrafo único); *Referências*; *Apêndice* (se estritamente necessário). Em artigos de revisão, as seções *Material e Métodos* e *Resultados e Discussão* (desenvolvimento) podem vir estruturadas segundo uma divisão de capítulos escolhida pelos autores. Alguns artigos científicos também podem requerer tal flexibilidade, o que deve ser justificado.
2. As seções textuais *Introdução*, *Material e Métodos* e *Conclusões* não fazem parte da estrutura das Comunicações científicas e Notas técnicas.
3. As citações devem ser feitas no sistema “autor-data”. Apenas a inicial do nome do autor deve ser maiúscula e a separação entre autor e ano é feita somente com um espaço em branco. Ex.: (Gravena 1984). O símbolo “&” deve ser usado no caso de dois autores e, em casos de três ou mais, “et al.”. Ex.: (Gravena & Zucchi 1987); (Zucchi et al. 1988). Caso

o(s) autor (es) seja(m) mencionado(s) diretamente na frase do texto, utiliza-se somente o ano, entre parênteses. Citações de citação (citações secundárias) devem ser evitadas, assim como as seguintes fontes de informação: artigo em versão preliminar (no prelo ou *preprint*) ou de publicação seriada sem sistema de arbitragem; resumo de trabalho ou painel apresentado em evento científico; comunicação oral; informações pessoais; comunicação particular de documentos não publicados, de correios eletrônicos, ou de *sites* particulares na Internet.

4. As referências devem ser organizadas em ordem alfabética pelos sobrenomes dos autores, de acordo com a norma NBR 6023: 2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os destaques devem ser apresentados em itálico e os títulos de periódicos não devem ser abreviados.
5. As tabelas e figuras devem ser identificadas numericamente com algarismos arábicos e receber chamadas no texto. Devem ser inseridas ao final do manuscrito, após a seção *Referências* (a intercalação no texto será feita durante a composição gráfica, na própria revista). As tabelas devem ser editadas em preto e branco, com traços simples e de espessura 1,0 ponto (padrão *Word for Windows*), e suas notas de rodapé exigem chamadas numéricas. Expressões como “a tabela acima” ou “a figura abaixo” não devem ser utilizadas.
6. A consulta a trabalhos recentemente publicados na revista PAT (www.agro.ufg.br/pat) é uma recomendação do corpo de editores, para dirimir dúvidas sobre estas instruções e, conseqüentemente, agilizar a publicação.
7. Endereço e contatos: Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT) Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos Universidade Federal de Goiás Caixa Postal 131 – Campus II (Samambaia) CEP74001-970–Goiânia,GO–Brasil E-mail:pat@agro.ufg.br Telefone: (62) 3521.1552/Fax:(62)3521.1542 Homepage: <http://www.agro.ufg.br/pat>

Itens de Verificação para Submissão

Como parte do processo de submissão, autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão com todos os itens listados a seguir. Serão devolvidas aos autores as submissões

que não estiverem de acordo com as normas.

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista.
2. Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (desde que não ultrapasse os 2MB)
3. Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) estão ativos e prontos para clicar.
4. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em [Diretrizes para Autores](#), na seção Sobre a Revista.
5. A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em [Asegurando a Avaliação Cega pelos Pares](#).
6. Todos os autores se cadastraram no sistema e manifestam anuência acerca da submissão, assumindo conhecer a política editorial e as normas para publicação na revista PAT.

Declaração de Direito Autoral

Os autores devem assumir inteira e exclusiva responsabilidade pelo conteúdo publicado em seus trabalhos, e abrir mão de direitos autorais em favor da revista PAT. Assim, não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Eles podem, entretanto, disponibilizar os seus artigos em repositórios de suas instituições de origem, desde que apresentem a referência completa da publicação do trabalho na revista PAT.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.