



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
FERTILIDADE DO SOLO

USO DO LODO TÊXTIL COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

RITA DE CÁSSIA RODRIGUES DA SILVA

RECIFE
PERNAMBUCO - BRASIL
AGOSTO / 2005

RITA DE CÁSSIA RODRIGUES DA SILVA

USO DO LODO TÊXTIL COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência de Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do Grau de Mestre em Ciência do Solo.

RECIFE
PERNAMBUCO – BRASIL

Agosto / 2005

USO DO LODO TÊXTIL COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

RITA DE CÁSSIA RODRIGUES DA SILVA

Dissertação defendida e aprovada em ____/ ____/____, pela Comissão Julgadora:

Orientadora:

Profa. Dra ARMINDA SACONI MESSIAS

Examinadores:

Profa. Doutora

Prof. Doutor

Prof. Doutor

A **Deus**, por me dar armas para vencer todas as barreiras que existiram, em minha vida.

Aos meus Pais, **Edson e Avany**, que me deram a base familiar necessária para me tornar capaz de lutar e alcançar todos os meus sonhos, oferecendo apoio e orientação, com muito amor e dedicação.

Ao meu Esposo, **Antonio André Rodrigues de Souza**, por seu amor, incentivo, confiança, paciência e compreensão, os quais reforçam a minha existência.

Ao meu Filho, **Antonio Victor Rodrigues de Souza**, minha maior riqueza.

DEDICO

Ao meu Filho, **André Igor Rodrigues de Souza** (*in memoriam*), por me dar a maior lição de vida que um ser humano poderia ter: “Lutar pela vida com todas as nossas forças, até o nosso último momento” e que “O amor verdadeiro é capaz de superar barreiras intransponíveis, e este nada pode abalar”.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, pela oportunidade, oferecida para a realização do Mestrado em Ciência do Solo e desenvolvimento desta Pesquisa;

à CAPES, pelo apoio financeiro indispensável para a realização deste Trabalho;

à SUAPE TÊXTIL, Cabo de Santo Agostinho PE, pela colaboração e oportunidade de avaliar o lodo têxtil;

à Dr^a Arminda Saconi Messias, Professora, Orientadora e Amiga, pela orientação, atenção e amizade, que tanto contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e científico;

às co-orientadoras, Profa. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire e Profa. Adriana Maria de Aguiar Accioly, pela atenção e esclarecimentos prestados;

ao Prof^o Luiz Bezerra de Oliveira, pelo incentivo, ajuda e pela importante amizade;

aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, pelos ensinamentos que enriqueceram o meu conhecimento;

aos meus irmãos: Macio, Sandro e Marcelo; Cunhadas: Elisa e Mônica; Sobrinhos(as): Deborah, Caio e Maria Eduarda, os quais proporcionam momentos essenciais à minha vida;

aos meus tios e sogros Ivo e Anilda e aos meus primos-cunhados Rose, Ivinho e Thaysa, pelo apoio e incentivo;

à minha amiga-irmã Cláudia de Oliveira Cunha (Claudita), pela sua verdadeira amizade e presença, sempre, marcante na minha vida;

aos amigos e estagiários Bruno Távora e Hercylio, pela ajuda, força, incentivo e amizade, em todas as fases deste Trabalho, seja na execução das atividades laboratoriais ou na casa de vegetação, todas essas realizadas, com satisfação e alegria, apesar de árduas;

a todos os colegas da Pós-Graduação, em especial aos amigos Julio César (Julinho) e José de Castro, pelo apoio, presença, companheirismo, e acima de tudo, pela amizade inestimável no decorrer deste Trabalho;

ao José Wanderley Fernandes Lima (Zeca), pela grande ajuda prestada na etapa de montagem do experimento;

aos funcionários da Pós-Graduação: Socorro, Sr. Noca, Josué, Luciano e Anacleto, pela amizade, colaboração, atenção, paciência e apoio, proporcionado à minha pessoa, durante o Curso;

ao Engenheiro Agrônomo Júlio Sérgio de Oliveira Araújo, da LAGRI, Recife, PE, pela ajuda na análise do lodo;

ao professor Jorge Cândido de Lima, pelas sugestões de Português e Inglês;

a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para este Trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE QUADROS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Indústria Têxtil.....	15
2.2 Resíduos Sólidos Industriais.....	15
2.3 Uso de Resíduos Sólidos na Agricultura.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Solos Utilizados no Experimento.....	19
3.2 Lodo Utilizado.....	20
3.3 Instalação e Condução do Experimento.....	21
3.4 Delineamento Experimental.....	23
3.5 Determinações Físicas e Químicas dos Solos.....	24
3.5.1 Determinações físicas.....	24
3.5.2 Determinações químicas.....	25
3.6 Análise Química da Parte Aérea do Milho.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Disponibilidade de Elementos Tóxicos e Essenciais em Três Solos da Zona da Mata de Pernambuco após Tratamento com Lodo Têxtil.....	27
4.2 Produção de Matéria Seca de Milho, em Resposta às Doses Crescentes de Lodo Têxtil.....	31
4.3 Absorção de Macro e Micronutrientes pelo Milho em Três Solos da Zona da Mata.....	36
5. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema do experimento com vasos, em casa de vegetação.....	22
Figura 2. Experimento com aplicação de doses de lodo têxtil nos solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	23
Figura 3. Matéria seca da parte aérea de milho, aos 45 dias, no Nitossolo, e Espodossolo e Argissolo com adubação mineral e aplicação de lodo têxtil: 0,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 80,0 Mg ha ⁻¹	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classes dos solos coletados na Zona da Mata de Pernambuco.....	19
Quadro 2. Caracterização química e física das amostras de três solos da Zona da Mata de Pernambuco.....	20
Quadro 3. Caracterização química do lodo têxtil utilizado no experimento e valores limites para alguns bio sólidos.....	21
Quadro 4. Atributos químicos dos solos após a incubação com lodo têxtil.....	28
Quadro 5. Resultado da análise da variância da matéria seca da parte aérea com as doses de lodo têxtil (Mg ha^{-1}) aplicadas aos solos	31
Quadro 6. Produção de matéria seca da parte aérea do milho (Mg ha^{-1}) em resposta à adubação mineral e as doses de lodo têxtil aplicadas aos solos utilizados.....	32
Quadro 7. Equações de regressão ajustadas entre a produção da matéria seca e doses de lodo têxtil aplicados aos solos utilizados no experimento.....	32
Quadro 8. Equações de regressão ajustadas entre os atributos químicos do Nitossolo e as doses do lodo têxtil.....	35
Quadro 9. Níveis críticos de macro e micronutrientes do Nitossolo correspondentes a 90% e 95% da produtividade máxima.....	35
Quadro 10. Teores de macro e micronutrientes (Mg ha^{-1}) absorvidos pelo milho com a aplicação de doses de lodo têxtil e, adubação mineral nos solos utilizados.....	36
Quadro 11. Equações de regressões ajustadas entre o N-P-K absorvido pelo milho e as doses do lodo têxtil aplicadas no Nitossolo.....	37
Quadro 12. Níveis críticos de macronutrientes absorvidos pelo milho e doses de lodo têxtil no Nitossolo correspondentes a 90% e 95% da produtividade máxima.....	38

SILVA, R. de C. R. da

RESUMO

USO DO LODO TÊXTIL COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

O destino final do resíduo sólido é um fator preocupante, em relação ao ambiente e ao homem, pois o seu potencial de poluição pode afetar o ar, o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Contudo, pesquisas já apontam a reutilização destes resíduos, no meio agrícola, como fertilizantes. O objetivo deste trabalho foi determinar o potencial agrônômico de um resíduo têxtil, em virtude do possível reaproveitamento na agricultura, utilizando o milho como planta-teste. Para o experimento foram selecionados três solos da Zona da Mata de Pernambuco com diferentes texturas, que receberam sete tratamentos: seis doses de lodo têxtil (equivalentes a 0,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 80,0 Mg ha⁻¹) e, mais a adubação mineral recomendada para o Estado, representando um fatorial de (3 X 6) + (3 X 1), respectivamente, com quatro repetições. Os parâmetros avaliados no experimento foram: disponibilidade de elementos tóxicos e essenciais nos solos, produção de matéria seca da parte aérea e absorção de macro (N, P e K) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) pelo milho. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o lodo têxtil corrigiu o pH do solo no Espodosolo e Nitossolo, nas últimas doses. A disponibilidade dos macronutrientes (N-P-K) aumentaram gradativamente, enquanto que entre os micronutrientes catiônicos, o Fe e o Mn foram parcialmente indisponibilizados, com a elevação do pH. A maior produção de matéria seca foi observada no Nitossolo, porém a dose equivalente a 80,0 Mg ha⁻¹ no Espodosolo apresentou a produção mais elevada 7,29 Mg ha⁻¹, entre os solos. A última dose de lodo têxtil superou a produção de matéria seca da parte aérea de milho da adubação mineral recomendada para o estado de Pernambuco, nos três solos. Os níveis críticos no solo e na planta foram calculados no Nitossolo, face à obtenção da máxima eficiência econômica apenas neste solo. Na determinação de macronutrientes na planta observou-se concentrações maiores de N, K e de P no Argissolo. Entre os micronutrientes, o Fe obteve o maior teor no tecido vegetal, na maioria das doses, para o Argissolo.

SILVA, R. de C. R. da

ABSTRACT**APPLICATION OF TEXTILE SLUDGE AS AGRICULTURAL FERTILIZER**

The final destination of solid residues is an important topic in relation to the environment and the human well being, because its pollution potential can affect the air, soils as well as surface and underground waters. However several researches have indicated the reutilization of these residues in agriculture as a source of fertilizers. The aim of this study was to determine the agronomical potential of textile sludge, viewing it's possible reutilization, using the species *Zea mays*. For this experiment three soils of Mata region of Pernambuco (Brazil), with different clay percentages were selected. The soils were subjected to seven treatments: six rates of textile sludge (0,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 and 80,0 Mg ha⁻¹) and, the recommended mineral fertilization for the State, representing a factorial of 3 X 6 + 3 X 1, respectively, with four replicates. The parameters evaluated in the experiment were: availability of toxic and essential elements in the soil, dry matter production and macro (N,P and K) and micronutrients (Cu, Fe, Mn, and Zn) absorption by corn. The results showed that the soil pH increased only at the highest dose of textile sludge. The availability of N-P-K increased gradually, whereas the cationic micronutrients Fe and Mn were partially made unavailable, with the increase in pH. The highest dry matter yield was found at the Nitossol, however the rate of 80 Mg ha⁻¹ on the Espodossol showed the highest yield among the soils, of 7,29 Mg ha⁻¹. The highest rate of textile sludge increased the dry matter yield more than that of the recommended mineral fertilization for the State of Pernambuco, for all three soils. Critical levels in the soils and in the corn plant were calculated at Nitossol, since maximum economic yield was found only in this soil. N, P and K analysis in the plant showed higher concentrations at Argissol. Among the micronutrients, the Fe showed highest concentration in the plant, in most of the rates, for the Argissol.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e freqüentes, principalmente por conta do desmedido crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial. Os problemas, decorridos da ação antrópica, têm atingido dimensões catastróficas, que podem ser observadas, através de alterações, na qualidade do solo, ar e água (KUNZ et al., 2002).

A tensão imposta ao ser humano está associada a uma pressão de produção que a natureza não está sendo capaz de suportar. Da mesma forma que o ser humano está sendo premido pela eficiência, o ambiente está sendo impulsionado para atender às demandas materiais e para receber os resíduos, gerados por este modelo, que se curvou ao consumo (ANDREOLI et al., 2001).

De acordo com Fernandes et al. (1993) e Andreoli et al. (2001), a reciclagem agrícola pode minimizar os impactos ambientais, contribuindo para fechar o ciclo ecológico dos nutrientes minerais, colocando, à disposição do agricultor, um produto de baixo custo e excelentes qualidades agronômicas.

O tratamento e a disposição final do lodo constituem, muitas vezes, problemas particularmente difíceis ou complexos, em face das grandes quantidades que podem ser geradas, à dificuldade em se encontrarem locais adequados ou seguros para o destino final do lodo seco, da própria distância de transporte, dos custos, dos impactos ambientais e das características de operação e processo; daí, a grande preocupação na redução de rejeitos, como, também, no seu reaproveitamento (BRAGA et al., 2002).

Por ser considerado um produto orgânico, a utilização de lodo, para fins agrícolas, transformou-se em uma alternativa bastante viável, não apenas economicamente, mas, também, no que se refere à melhoria das condições do solo, tanto no aspecto físico-químico quanto no microbiológico (ANDREOLI et al., 2001). A aplicação de lodos, na agricultura, no entanto, deve ser feita com controle, pois, por um lado, possui características favoráveis ao seu reuso, por outro, não se deve esquecer que é um resíduo cuja origem é, extremamente, difusa, principalmente, quando se refere a lodos, gerados em ETE's (Estações de Tratamento de Esgotos), que tratam esgotos industriais, podendo vir a conter inúmeras substâncias prejudiciais tanto ao ambiente quanto aos animais e ao próprio homem (SILVA, 2001).

Com esta finalidade, também estão sendo realizados vários estudos com lodo de curtume, composto urbano e escórias de siderúrgicas, visando avaliar e, se possível, minimizar o impacto de seus descartes em solos não preparados adequadamente, para recebê-los, o que acarretaria a contaminação dos lençóis freáticos, lagos, mares e rios. Ainda valendo ressaltar as escassas experiências sobre a utilização de lodos produzidos em estações de tratamentos de indústrias têxteis (SILVA et al., 2003).

A aplicação desses rejeitos industriais em solos considerados agricultáveis e a sua utilização na recuperação de áreas degradadas demandam uma expectativa científica e econômica. Todavia, o uso racional desses resíduos vai depender das características químicas do lodo que será utilizado, das características químicas, físicas e biológicas do solo, e da cultura a ser explorada. O sucesso com o reaproveitamento de resíduos, tem sido, freqüentemente, observado na utilização como fertilizante para culturas produtoras de fibras e essências florestais, as quais não são usadas como alimento (MESSIAS, 1998).

Sendo assim, das alternativas para o reuso de lodos, a utilização agrícola, desde que feita com critério, figura como possibilidade eficiente e viável economicamente (FERNANDES et al., 1993).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indústria Têxtil

A Indústria têxtil tem um importante valor econômico-social, absorvendo expressiva quantidade de mão-de-obra e gerando divisas. No Brasil, há cerca de 5000 indústrias têxteis, distribuídas em 11 % de grande porte; 21 % de pequeno porte; 68 % como micro-empresas. Mantém a posição de 5º lugar, em empregos diretos e no 6º, em faturamento, em 24 setores de atividades industriais, na economia brasileira. Entretanto, em virtude do elevado potencial poluidor, requer dos seus dirigentes uma atuação responsável (“responsible care”), para evitar danos à qualidade de vida (CONCHON, 1999; PORRAS,2002).

Segundo o CPRH/FNMA (2003), foram inventariadas em Pernambuco 21 empresas relacionadas à atividade de fabricação de produtos têxteis, sendo as cinco maiores responsáveis pela geração de 90,98 % do total de resíduos, nessa atividade. As indústrias têxteis, em Pernambuco, geraram um total de 21.818,6 toneladas de resíduos sólidos por ano, sendo 21797,47 toneladas de resíduos sólidos não-perigosos. A geração de resíduos sólidos de estação de tratamento de efluente contendo material não tóxico, é de 5,23 % (1141,12 toneladas por ano).

2.2 Resíduos Sólidos Industriais

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1987a), define, como resíduo sólido, os resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, incluindo nesta definição os lodos, provenientes de estações de tratamento de água, os gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, além de determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou que exijam, para isso, soluções tecnicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível (LORA, 2000).

Provavelmente, a partir da década de 60, tiveram início novas técnicas como por exemplo: a compostagem e, regulamentos adotados pelos sanitaristas, que passaram a

utilizar a designação “resíduo sólido” para “lixo”. A palavra resíduo significa aquilo que resta de qualquer substância. Em seguida, foi adjetivada de sólido, para diferenciar dos restos líquidos lançados com os esgotos domésticos e das emissões gasosas das chaminés, à atmosfera (ROCCA,1993; ROCHA, 1993).

Segundo Jordão (1995), pode-se classificar os resíduos sólidos, de acordo com as normas da ABNT, em três classes: Classe I (Resíduos Perigosos) são os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos, caracterizados pela inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, os quais podem apresentar riscos à saúde pública e ao ambiente; Classe II (Resíduos Não Inertes) são os resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na classificação de resíduos classe I e classe III, apresentam propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade na água, e o Classe III (Resíduos Inertes) são os resíduos sólidos ou misturas de resíduos sólidos em que nenhum de seus componentes é solubilizado, em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Com o crescimento da nova sociedade urbano-industrial e com a sua consolidação, o consumismo tornou-se ideologia de vida, aumentando o volume de dejetos domésticos e industriais. Até recentemente, porém, a humanidade, ainda, não tinha percebido que o volumoso lixo produzido torna-se um problema para o ambiente. Então, usava sem grandes preocupações os mares, rios e qualquer "área vazia", como depósito para seus rejeitos (SCARLATO; PONTIN, 1992).

Em termos ambientais, a quantidade e a qualidade dos resíduos gerados assumem importância considerável, no processo de degradação do ambiente (MANDELLI et al., 1991; KAUSHIK,2003). Portanto, os resíduos gerados pelo homem, por meio de suas atividades domésticas e industriais crescem, em quantidade e volume, principalmente em decorrência do aumento da densidade demográfica, do desenvolvimento tecnológico e da elevação do nível de vida (CONCHON,1995).

A disposição inadequada, no solo, de resíduos industriais perigosos e de origem doméstica causa, geralmente, a degradação da paisagem, a contaminação do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e o agravamento de problemas sanitários. (TOMLIN et al., 1993).

2.3 Uso de Resíduos Sólidos na Agricultura

Dentre as várias maneiras de destinação dos resíduos sólidos, uma que esta sendo largamente estudada é a sua disposição no solo, mais especificamente o seu uso na agricultura.

Segundo Mattiazzo (2002), o composto urbano possui um grande potencial agrônômico devido, principalmente, a sua elevada concentração de carbono orgânico, que é responsável pelas melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de possuir na sua composição quantidades apreciáveis de nutrientes, especialmente N, K e Ca.

Messias (1997) mostra a disposição de um resíduo crômico industrial no solo, avaliando seu potencial agrônômico. Este trabalho mostrou que o lodo crômico pode ser utilizado em solos agricultáveis e, em recuperação de áreas degradadas, desde que determinadas características do ambiente sejam levadas em consideração, para que a cadeia alimentar e a utilização dos recursos naturais não sejam prejudicados.

Defelippo et al. (1992) mostram em seu trabalho, a eficiência agrônômica de um lodo proveniente de uma indústria siderúrgica, onde utilizando seis doses de lodo obtiveram um aumento na produção de matéria seca do sorgo e a atuação do seu lodo como fonte de P e micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn).

Utilizando lodo petroquímico e lodo de esgoto, Gobbi et al. (1998), observaram um aumento significativo nos teores de N, K, P e C, nos solos que receberam tratamento.

Das alternativas para o reaproveitamento de lodo têxtil, a reutilização agrícola, desde que feita com critério, pode ser uma possibilidade eficiente e viável economicamente e este propósito já está sendo alvo de pesquisas científicas (MESSIAS et al., 2002; MESSIAS et al., 2003; SILVA et al., 2003). Porém, é necessário ter conhecimento sobre suas características, uma vez que o uso racional desse resíduo vai depender delas e, principalmente, do seu potencial contaminador e das características químicas, físicas e biológicas do solo e da cultura a ser explorada (MESSIAS, 1998).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a potencialidade de uso do resíduo da indústria têxtil como adubo, na: disponibilidade de elementos tóxicos e

essenciais nos solos, produção de matéria seca da parte aérea e absorção de macro (N, P e K) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) pelo milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Solos Utilizados no Experimento

Os solos utilizados foram selecionados de acordo com diferentes classes texturais e as amostras coletadas na camada arável (0- 20 cm), nos municípios de Goiana, Timbaúba e Cabo de Santo Agostinho, localizados na Zona da Mata de Pernambuco, com identificação dos pontos através de GPS (Quadro 1).

Quadro 1. Classes dos solos coletados na Zona da Mata de Pernambuco

LOCALIZAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO ¹	COORDENADAS
TIMBAÚBA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico A húmico, textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo suave ondulado.	07° 25' 22" S 35° 10' 54" W
GOIANA	ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico duripânico arênico A moderado, textura arenosa, fase cerrado, relevo plano.	07° 38' 26,22" S 34° 57' 04" W
CABO DE SANTO AGOSTINHO	NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico A moderado, textura muito argiloso, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado.	08° 19' 13,1" S 34° 00' 31,6" W

(1) Ribeiro (1994,1995)

Os solos foram secos ao ar, destorroados e tamizados em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar – TFSA. Em seguida, procedeu-se às análises química e física (Quadro 2).

Quadro 2. Caracterização química e física de três solos da Zona da Mata de Pernambuco

Características ^(a)	NVdf	EKo	PVAd
pH _{água}	5,5	5,1	5,2
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,80	0,50	4,05
Mg (cmol _c dm ⁻³)	2,95	0,05	2,77
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,08	0,58	0,10
H ⁺ + Al ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	5,68	4,97	10,20
P (mg dm ⁻³)	2,87	2,62	1,99
K (cmol _c dm ⁻³)	0,02	nd	0,02
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,01	nd	nd
C (g kg ⁻¹)	13,97	6,74	27,86
N (g kg ⁻¹)	0,61	0,17	1,18
Relação C/N	23,02	39,28	23,68
Fe (mg kg ⁻¹)	898,39	60,81	344,35
Cu (mg kg ⁻¹)	nd	nd	nd
Zn (mg kg ⁻¹)	nd	nd	nd
Mn (mg kg ⁻¹)	37,06	nd	22,62
D _s (g cm ⁻³)	1,15	1,52	1,00
D _p (g cm ⁻³)	2,66	2,64	2,48
Argila (g kg ⁻¹)	493,10	78,13	294,78
Silte (g kg ⁻¹)	133,91	35,06	138,36
Areia (g kg ⁻¹)	372,99	886,81	566,86
θ _{mcc} (%)	24,38	6,43	22,50

^(a)Média de três repetições; (3) Não detectável. Onde: Dp = densidade de partículas; Ds = densidade solo NVdf- NITOSSOLO VERMELHO Distroférico; EKo- ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico e PVAD- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico. nd = não detectável

3.2 Lodo Utilizado

O lodo utilizado foi proveniente do tanque de decantação da SUAPE TÊXTIL, situado na Rodovia PE 60, s/n, município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco, com uma geração de resíduos em torno de 100 kg por dia, sendo enterrados, na sua totalidade, no aterro industrial localizado no espaço físico da Empresa, conforme NBR 10.157 (ABNT, 1987b).

A amostra coletada do lodo têxtil foi seca ao ar, triturada, homogeneizada e passada em peneira com malha de 2 mm, para caracterização química no Laboratório

de Análises Agrícolas Ltda – LAGRI, seguindo a metodologia oficial de Brasil (1983), conforme mostra o Quadro 3.

As doses de lodo têxtil utilizadas no experimento foram encontradas a partir do teor de nitrogênio recomendado para a cultura do milho, segundo as recomendações de adubação para o estado de Pernambuco (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO DE PERNAMBUCO, 1998). Adotou-se a dose de lodo ($20,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) com teor de N equivalente à recomendada no Estado, três doses inferiores ($0,0$; $5,0$ e $10,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) e duas superiores ($40,0$ e $80,0 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Quadro 3. Caracterização química do lodo têxtil utilizado no experimento e valores limites para alguns bio sólidos

Características		Lodo têxtil utilizado no experimento ⁽¹⁾	Valores limites para alguns bio sólidos ⁽²⁾
pH	(H ₂ O) - 1: 2,5	9,36	6,1-10,2
N	(g kg ⁻¹)	7,33	13-59
P	(mg kg ⁻¹)	360	8000-33000
K	(cmol _c kg ⁻¹)	7,69	2,56-10,23
Na	(cmol _c kg ⁻¹)	1,696	-
Ca	(g kg ⁻¹)	0,40	32,44-89,82
Mg	(g kg ⁻¹)	0,80	8,22-164,47
M. O.	(g kg ⁻¹)	159,6	122,4-517,2
Zn	(mg kg ⁻¹)	46,00	151-4151
Cu	(mg kg ⁻¹)	120,00	101-1039
Fe	(mg kg ⁻¹)	490,00	50-70
Mn	(mg kg ⁻¹)	25,00	157-820
Umidade (%)		72,63	-

⁽¹⁾LAGRI -Laboratório de Análises Agrícolas Ltda (2000); ⁽²⁾ Guedes;Ponggiani (1999).

3.3 Instalação e Condução do Experimento

Para a implantação do experimento, em condições de casa de vegetação, no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, procedeu-se a incubação das 6 doses de lodo têxtil (equivalentes a $0,0$; $5,0$; $10,0$; $20,0$; $40,0$ e $80,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) mais uma testemunha (sem aplicação de lodo), para posterior adubação mineral, em $7,6 \text{ dm}^{-3}$ dos solos selecionados. Essas misturas foram acondicionadas em sacos plásticos, com capacidade para 10 kg, e mantidas a 80 % da capacidade de campo (de cada solo), através de pesagens e regas diárias com água destilada, permanecendo, assim, por 35 dias. Após a incubação, coletou-se $0,1 \text{ dm}^3$ de

solo, para posterior análise química (pH, C, N, P, K, Al, Zn, Cu, Mn e Fe), segundo EMBRAPA (1997). A acidez potencial foi estimada segundo Nascimento (2000).

O volume restante ($7,5 \text{ dm}^3$) foi acondicionado em vasos de polietileno, contendo na base (com tela de nylon) e na superfície, cascalho fino, com a finalidade de reduzir perdas de solo e, de água por evaporação, respectivamente (Figura 1). Logo após, foi realizada a fertilização mineral em uma das testemunhas, de acordo com a Comissão Estadual de Fertilidade do Solo de Pernambuco (1998), utilizando as seguintes doses de nutrientes: $45,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de N (NH_4Cl), $17,35 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (KH_2PO_4) e $33,20 \text{ mg dm}^{-3}$ K (KH_2PO_4 e K_2SO_4).

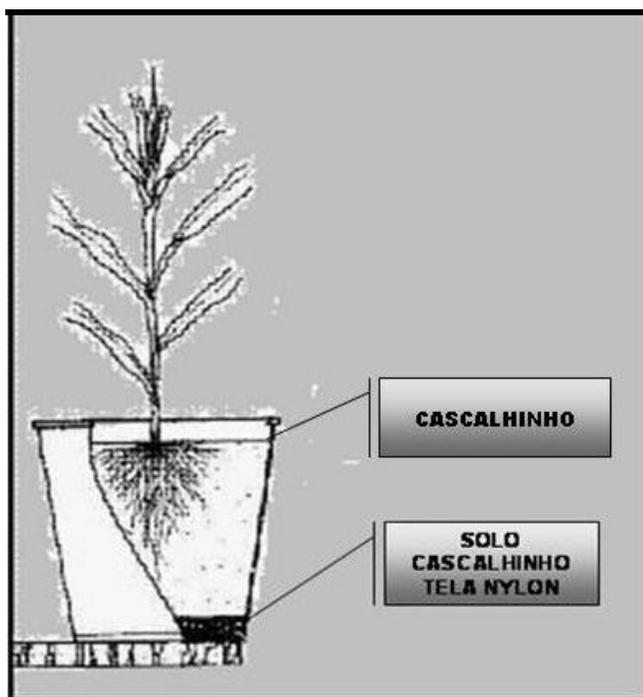


Figura 1 Esquema do experimento com vasos, em casa de vegetação

Posteriormente, procedeu-se à semeadura de seis sementes de milho por vaso, cultivar AG1051 – Agrocerec. Após dez dias da emergência das plântulas foi feito o desbaste, deixando-se duas plântulas por vaso, que cresceram por 45 dias. Os solos foram mantidos na capacidade máxima de retenção de umidade, durante todo o

experimento, através de regas diárias com água destilada. No fundo de cada vaso, utilizou-se um recipiente plástico (Figura 2) para recolher o lixiviado, que retornava ao vaso, na rega seguinte.

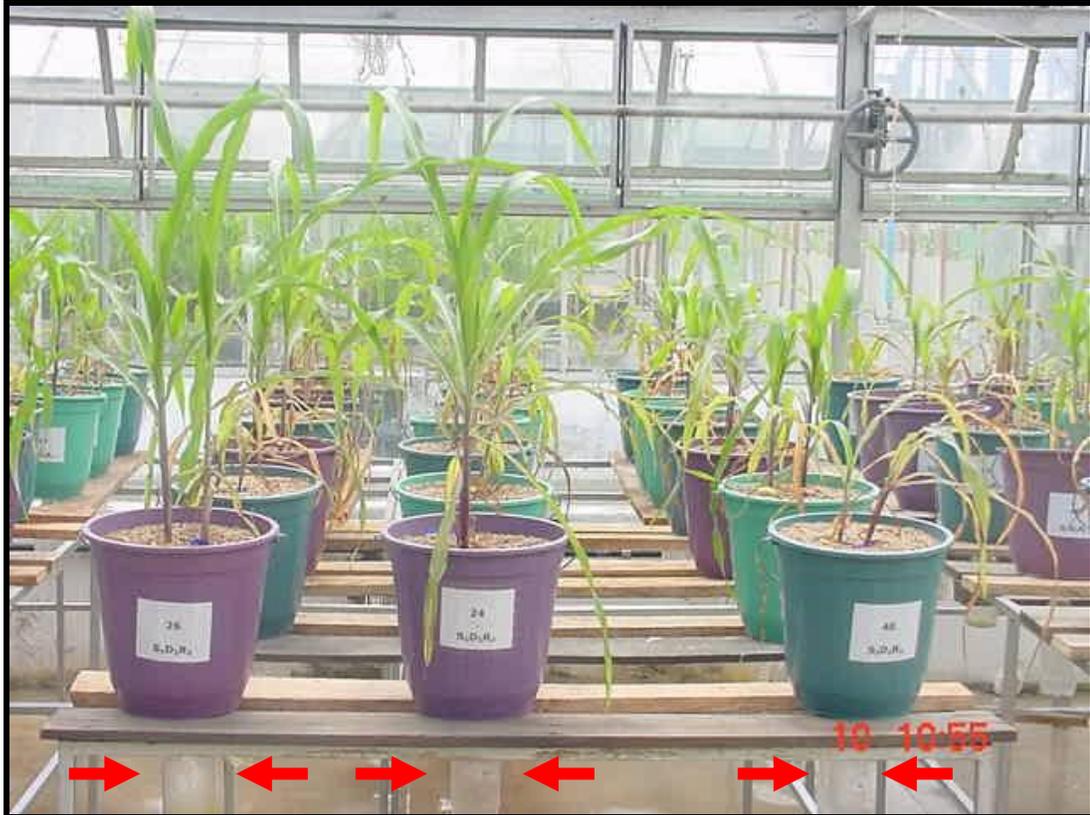


Figura 2. Experimento com aplicação de doses de lodo têxtil nos solos da Zona da Mata de Pernambuco

Passados os 45 dias (após a germinação), a parte aérea foi coletada na altura do colo da planta, acondicionada em sacos de papel, seca em estufa com circulação de ar, a 60 °C, por 72 horas, pesadas e moídas para posterior análise química de macro (N, P e K) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), segundo Malavolta (1997).

3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 X 6 (solos x doses de lodo têxtil) + 3 X 1 (solos X adubação mineral), com quatro repetições, totalizando-se 84 parcelas.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente, fazendo-se análises da variância e de regressão, utilizando o Sistema de Análises Estatística e Genética (SAEG) da Universidade Federal de Viçosa.

3.5 Determinações Físicas e Químicas dos Solos

3.5.1 Determinações físicas

As determinações físicas dos solos foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, de acordo com a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997):

- ✓ Granulometria: consiste nas frações areia, silte e argila. Foi realizada pela dispersão total, determinada através do método do densímetro de Boyoucos, utilizando-se como dispersante a solução de calgon (hexametáfosfato de sódio) e carbonato de sódio.
- ✓ Capacidade de Campo (umidade a $-0,033$ MPa): determinada através da “panela de pressão” com placa porosa.
- ✓ Ponto de Murcha Permanente (umidade a $-1,5$ MPa): determinada utilizando-se o “aparelho extrator de Richards” e placa cerâmica.
- ✓ Densidade global: determinada pelo método do torrão parafinado.
- ✓ Densidade de partículas: determinada através do balão volumétrico de 50,00 mL, utilizando-se terra fina seca em estufa - TFSE a 105 °C, e álcool etílico absoluto como agente para determinação do volume ocupado pelas partículas.
- ✓ Porosidade total: calculada através da equação: $P = 1 - (d_g / d_p) \times 100$, onde: P = porosidade total, em %; d_g = densidade global, em g.cm^{-3} e d_p = densidade de partículas, em g.cm^{-3} .
- ✓ Classificação textural: determinada de acordo com o triângulo americano de classificação textural, empregado pelo United States Department of Agriculture, após adaptações realizadas pela EMBRAPA e a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- ✓ Condutividade hidráulica: determinada pela equação de Darcy, utilizando-se a terra fina seca ao ar – TFSA.

3.5.2 Determinações químicas

As determinações químicas dos solos foram realizadas seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997), determinando-se:

- ✓ pH em água: determinado na suspensão solo: água, relação 1:2,5, utilizando-se o potenciômetro previamente calibrado.
- ✓ Condutividade elétrica: determinada na suspensão solo: água, relação 1:2,5, utilizando-se o condutivímetro já calibrado.
- ✓ Cálcio e Magnésio trocáveis: extraídos com solução padronizada de KCl 1N e determinados por titrimetria de complexação, utilizando-se solução padronizada de EDTA 0,0125N.
- ✓ Alumínio trocável: extraído com solução padronizada de KCl 1N e determinado por titrimetria, utilizando-se solução padronizada de NaOH 0,025N.
- ✓ Sódio e Potássio: extraídos com solução extratora de Mehlich-1 (HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N) e determinados por espectrofotometria de emissão de chama.
- ✓ Fósforo assimilável: determinado por fotocolorimetria, utilizando-se a solução extratora de Mehlich-1 (HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N) e ácido ascórbico como redutor.
- ✓ Carbono orgânico: determinado por titrimetria de oxirredução, usando-se o dicromato de potássio, em meio sulfúrico, e titulado com solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N.
- ✓ Micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn): extraídos com solução extratora de Mehlich-1 (HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

A acidez potencial foi estimada através da equação $H+Al$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = $0,4837SMP^2 - 8,4855SMP + 38,448$ ($R^2 = 0,90$), citada por Nascimento (2000).

3.6 Análise Química da Parte Aérea do Milho

Após a obtenção da matéria seca da parte aérea do milho, através da pesagem em balança semi-analítica, a amostra de biomassa foi moída, em moinho tipo Wiley (malha 20 mesh), e armazenada em frascos plásticos com etiquetas identificadoras.

Um extrato foi preparado, de acordo com Malavolta et al. (1997), pesando-se 0,500 g de cada tratamento, para posterior digestão nitroperclórica. Após, transferiu-se, o material digerido, para um balão volumétrico com capacidade para 100,00 mL e aferiu-se. Partindo deste extrato, determinou-se:

- Fósforo absorvido: determinado por fotolorimetria, utilizando-se soluções de vanadato de amônio a 0,25% e de molibdato de amônio a 5%, para desenvolvimento da cor específica;
- Sódio e Potássio: leitura direta do extrato no espectrofotômetro de emissão de chama;
- Cálcio e Magnésio absorvido: determinados por espectrofotometria de absorção atômica, acrescentando ao extrato SrCl_2 , para prevenir interferências causadas pela presença de fosfatos ou de alumínio;
- Micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn): leitura direta no extrato, utilizando-se o método espectrofotométrico de absorção atômica.

O nitrogênio absorvido foi determinado pelo método semi-micro-Kjedahl, por destilação a vapor, segundo MALAVOLTA et al. (1997).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Disponibilidade de Elementos Tóxicos e Essenciais em Três Solos da Zona da Mata de Pernambuco Após Tratamento com Lodo Têxtil

No Quadro 4, observa-se que o pH do **Nitossolo** variou de 5,0 a 6,4, isto é, da faixa ácida à neutra. Verifica-se que neste solo, a aplicação do lodo têxtil promoveu efeito de calagem apenas nas duas últimas doses devido, principalmente, ao caráter alcalino que possui, com pH= 9,36. O processo de elevação do pH favoreceu nestas doses, a neutralização parcial da acidez do solo representada pelo alumínio e hidrogênio. Este resultado também foi encontrado por Prado; Natale (2004), utilizando escória de siderurgia.

Silva et al. (2002) observaram uma elevação no pH quando aplicaram doses crescentes de lodo de esgoto, resultado este condizente com o obtido nesse trabalho, considerando as diferenças entre esses dois resíduos. Abreu Júnior et al. (2000) utilizando composto urbano na camada superficial de 26 solos de diferentes regiões do Brasil, observaram uma redução da acidez potencial devido à neutralização do H^+ e Al^{3+} em virtude da elevação do pH e da formação de $Al(OH)_3$ e complexos estáveis com a matéria orgânica.

Gianello et al. (2000a), verificando a decomposição de lodo de indústria metal-mecânica, utilizando seis doses de lodo, constataram uma elevação no pH de 5,3 a 7,1. Valendo salientar que, nestes trabalhos pode-se associar o caráter alcalino do lodo utilizado (pH = 7,9) com o lodo desse estudo (pH = 9,36), considerando, ainda, as diferenças das características químicas destes resíduos.

Observando (Quadro 4) os valores de N, P e K, percebe-se que houve uma disponibilidade crescente destes nutrientes. Isto deve-se, provavelmente, ao suprimento destes elementos com os tratamentos de lodo, favorecida pela atividade microbiana tanto na matéria orgânica do solo como no resíduo utilizado. Trindade et al. (2000) constataram um leve aumento na concentração de K, utilizando sete doses de lodo de uma indústria petroquímica da Bahia. Este estudo apresentou, ainda, um aumento significativo do P disponível na última dose de lodo utilizada (240 Mg ha^{-1}).

O carbono orgânico total variou de 4,99 a 7,89 g kg⁻¹ (Quadro 4). Nota-se, mesmo com a adição de carbono, através do lodo têxtil, teve-se uma menor concentração deste atributo após a incubação. Isto implica no aumento da atividade microbiana – face à diminuição da relação C/N - promovida pelos tratamentos, adicionando mais nitrogênio com a aplicação de lodo têxtil, favorecendo esse efeito (mineralização), gerando um maior consumo de carbono (perdidos na respiração) pelos microrganismos.

Quadro 4. Atributos químicos dos solos, após incubação com lodo têxtil

Atributo	Doses de lodo têxtil					
	0	5	10	20	40	80
NVdf						
pH	5,2	5,0	5,0	5,1	5,9	6,4
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,10	5,21	5,31	5,16	4,68	4,44
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,45	0,51	0,61	0,42	0,31	0,20
N (g kg ⁻¹)	0,10	0,11	0,12	0,14	0,17	0,30
P (mg kg ⁻¹)	1,75	2,00	2,25	2,51	2,76	3,01
K (cmol _c dm ⁻³)	2,32	2,21	2,36	2,58	3,19	4,09
C (g kg ⁻¹)	5,12	5,18	4,99	6,00	5,84	7,89
Mn (mg kg ⁻¹)	1,08	1,21	1,51	1,56	0,87	1,57
Fe (mg kg ⁻¹)	5,61	4,61	4,51	4,51	4,01	4,01
Zn (mg kg ⁻¹)	0,49	0,55	0,57	0,65	0,77	1,01
Cu (mg kg ⁻¹)	0,03	0,06	0,10	0,14	0,24	0,46
EKo						
pH	5,4	5,5	5,7	6,3	6,6	6,8
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,08	4,11	3,78	3,79	3,47	3,44
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,26	0,32	0,32	0,25	0,35	0,21
N (g kg ⁻¹)	0,07	0,08	0,09	0,10	0,16	0,20
P (mg kg ⁻¹)	2,00	2,26	2,51	2,76	3,01	3,27
K (cmol _c dm ⁻³)	0,55	0,80	1,28	1,52	1,56	1,58
C (g kg ⁻¹)	5,77	4,08	4,14	4,67	4,96	5,65
Mn (mg kg ⁻¹)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fe (mg kg ⁻¹)	4,56	4,51	4,11	4,66	4,41	3,91
Zn (mg kg ⁻¹)	0,51	0,32	0,33	0,45	0,46	0,69
Cu (mg kg ⁻¹)	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PVAd						
pH	4,5	4,0	4,3	4,3	4,6	5,2
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	9,83	9,95	9,95	10,10	9,46	8,79
Al (cmol _c dm ⁻³)	3,23	3,01	2,98	3,01	2,06	1,04
N (g kg ⁻¹)	0,24	0,29	0,30	0,30	0,35	0,47
P (mg kg ⁻¹)	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,51
K (cmol _c dm ⁻³)	2,13	2,20	1,99	2,48	3,04	3,60
C (g kg ⁻¹)	10,14	10,20	9,88	10,29	10,61	11,97
Mn (mg kg ⁻¹)	0,21	0,83	0,88	0,97	0,94	0,95
Fe (mg kg ⁻¹)	5,31	5,71	5,81	7,16	6,31	5,84
Zn (mg kg ⁻¹)	0,52	0,67	0,68	0,64	0,87	1,20
Cu (mg kg ⁻¹)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

NVdf- NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, EKo- EPODOSSOLO CÁRBICO Órtico e PVAd- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, nd = não detectável.

Os teores de nitrogênio (Quadro 4), foram semelhantes entre os tratamentos, variando de 0,10 a 0,30 g kg⁻¹. Considerando o acréscimo deste nutriente com o lodo, deve-se destacar fatores que, provavelmente, contribuíram para a saída ou indisponibilidade do nitrogênio do sistema, como, por exemplo, a atividade microbiana, volatilização, efeito este que ocorre em temperaturas elevadas (MELLO, 1983). Este fato ocorreu na incubação, pois o procedimento foi realizado em local hermético onde a temperatura estava acima da temperatura ambiente. Concordando com este estudo, Silveira (2001) trabalhando com lodo de esgoto (18,7 g kg⁻¹ de N) não encontrou aumento nas concentrações de nitrogênio no solo.

No Quadro 4, também, constam os teores dos micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn). Observa-se que o aumento do pH neste solo, com as doses 40,0 e 80,0 Mg ha⁻¹, reduziu a disponibilidade do Fe e Mn, enquanto que o Zn e Cu tiveram seus maiores teores, comparando-se à caracterização do solo (Quadro 2). Ross (1994) observou num pH em torno de 6,5 que processos de precipitação de Fe e Al ocorrem com grande intensidade em função das baixas solubilidades de seus hidróxidos. Tais processos ocorrem, inicialmente, pela formação de núcleos primários, seguido de crescimento dos cristais pela adsorção de cátions aos sítios livres da superfície da micela e, dessa forma, pode haver oclusão dos metais que passam a ocupar uma posição fixa dentro do mineral.

No **Espodossolo**, o lodo têxtil aumentou significativamente o pH do solo (Quadro 4), variando de 5,4 a 6,8 com doses. Esse feito proporcionou a diminuição no teor da acidez potencial do solo. Anjos; Mattiazzo (2000a) observaram que após repetidas aplicações de biossólido (total de 388 Mg ha⁻¹) ocorreu elevação gradativa do pH de 4,4 para 7,4 em todas as amostras estudadas. Segundo os autores esse aumento é atribuído à alcalinidade do biossólido (pH = 7,5), a qual certamente sobrepuja os efeitos dos processos de degradação de materiais orgânicos que, também, contribuem para essa elevação, através da liberação de hidroxilas, fato este condizente com o presente estudo.

Verificando o Quadro 4, observa-se que o P e o K apresentaram teores entre 2,00 a 3,27 mg kg⁻¹ e de 0,55 a 1,58 cmol_c dm⁻³, respectivamente. O nitrogênio variou de 0,07 a 0,20 g kg⁻¹. Entre os macronutrientes citados não houve diferença entre as doses na disponibilidade do nitrogênio, após a incubação (35 dias) com o lodo têxtil. Mantovani et al. (2003), verificaram redução de nitrogênio disponível, na forma de

amônio (NH_4^+), em 126 dias de incubação utilizando composto urbano (com teor de $12,9 \text{ g kg}^{-1}$ de N).

O teor de carbono no Espodossolo comparado à caracterização (Quadro 2) reduziu após o tempo de incubação com média entre os tratamentos de $4,88 \text{ g kg}^{-1}$. Este resultado é concordante com a elevação do pH, que favoreceu ao aumento da atividade microbiana, conseqüentemente, a utilização do carbono como fonte de energia para o seu metabolismo e produção de compostos mais simples. Oliveira et al. (2002) também encontraram decréscimo do teor de carbono em seu experimento, utilizando lodo de esgoto, relacionando esta diminuição a possibilidade de perdas, por lixiviação, de substâncias orgânicas solúveis, e ao aumento da degradação do carbono orgânico nativo do solo com a aplicação do lodo de esgoto. Por outro lado, Ernani (1981) afirma que a aplicação de resíduos orgânicos somente eleva os teores de matéria orgânica do solo quando empregados em altas doses, normalmente acima de $30,0 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Entre os micronutrientes, a concentração de Fe reduziu com a neutralização da acidez, permanecendo, assim, como o Zn, ainda disponibilizado na última dose. Vale ressaltar ainda que, a faixa em que se encontravam os teores de Mn e Cu não foram detectados por espectrofotometria de absorção atômica.

No **Argissolo** (Quadro 4), a aplicação do lodo têxtil, mesmo na última dose (80 Mg ha^{-1}) não foi capaz de reduzir a acidez do solo. De acordo com os tratamentos, a dose equivalente a 80 Mg ha^{-1} encontrou um pH médio de 5,2, semelhante ao pH da caracterização (Quadro 2). Este fato pode ser explicado levando-se em consideração a sua acidez potencial (Quadro 2), onde, provavelmente, somente a partir da última dose se inicia o potencial neutralizador da acidez com o uso do lodo têxtil.

Em relação aos macronutrientes, apenas no K houve efeito positivo com os tratamentos, variando de 1,99 a $3,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Anjos; Mattiazzo (2000a) utilizando lodo de esgoto da SABESP (Saneamento Básico do Estado São Paulo), encontrou variação nos teores de K após a aplicação dos tratamentos de 1,28 a $6,84 \text{ mg kg}^{-1}$.

O carbono e o nitrogênio, mesmo com o pH ácido do solo, tiveram teores reduzidos após a incubação (Quadro 4) em comparação com os teores iniciais (Quadro 2), corroborando com a opinião de Mello et al. (1983). Gianello et al. (2000b) citam que, a mineralização do nitrogênio mostrou-se mais lenta num pH em torno de

4,9, uma vez que a microbiota responsável por esse processo encontra-se restrita a determinados grupos, por exemplo os fungos.

Quanto aos micronutrientes catiônicos (Quadro 4), entre as doses de lodo têxtil, o Fe e o Mn foram parcialmente indisponibilizados, enquanto que o Zn variou de 0,52 a 1,20 mg kg⁻¹, aumentando seu teor no solo. Isto ocorreu provavelmente, pelo fato das formas disponíveis do Zn estarem diretamente ligadas aos valores do pH do solo. Segundo Ferreira; Cruz (1991), para que ocorra a precipitação completa de Zn em Zn(OH)₂ é necessário que este pH esteja em torno de 9,1.

4.2 Produção de Matéria Seca de Milho em Resposta às Doses Crescentes de Lodo Têxtil

No Quadro 5, observa-se que os efeitos das doses, solo e interação doses vs solos, foram altamente significativos (0,1% de probabilidade).

Quadro 5. Resultado da análise da variância da matéria seca da parte aérea com as doses de lodo têxtil (Mg ha⁻¹) aplicadas aos solos

FV	GL	QM	SIG.
Matéria Seca			
Dose	5	13,507	0,0000
Solo	3	5,936	0,0050
Bloco	2	83,676	0,0000
Dose*Solo	10	8,785	0,0000

C. V.= 39,11

Baseado nessa significância, no Quadro 6 percebe-se que dos três solos utilizados no experimento, o Nitossolo apresentou a maior produção de matéria seca entre as doses, variando de 2,25 Mg ha⁻¹ a 6,16 Mg ha⁻¹ (Figura 3 a). O Espodossolo (Figura 3 b) obteve a maior produção 7,29 Mg ha⁻¹ na última dose (equivalente a 80 Mg ha⁻¹), comportamento este, que pode ser explicado pelo pH elevado após a incubação (Quadro 4). Argissolo apresentou menor produção de matéria seca da parte aérea do

milho (Figura 3 c), variando de 0,29 a 2,90 Mg ha⁻¹. Ressalta-se que, o Argissolo apresentou um aumento da acidez promovendo a queda na produção em comparação aos demais solos, onde se ressalta a acidez potencial (Quadro 2) e, diante disto a capacidade tampão deste solo.

Quadro 6. Produção de matéria seca da parte aérea do milho (Mg ha⁻¹) em resposta à adubação mineral e às doses de lodo têxtil aplicadas aos solos utilizados

Solos	Matéria Seca da Parte Aérea (Mg ha ⁻¹)						
	Adubação Mineral (NPK)	Doses de Lodo Têxtil (Mg ha ⁻¹)					
		0,0	5,0	10,0	20,0	40,0	80,0
NVdf	3,65	2,25	4,67	5,93	6,16	4,04	4,06
EKo	2,31	2,55	2,68	1,01	3,37	2,16	7,29
PVAd	0,49	0,29	0,31	0,23	0,32	0,76	2,90

NVdf- NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, EKo- ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico e PVAd- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, nd = não detectável.

Os dados de produção de matéria seca (Quadro 7), ajustaram-se à equação com base raiz quadrada para o Nitossolo, enquanto o Espodossolo e Argissolo se adequaram ao modelo quadrático.

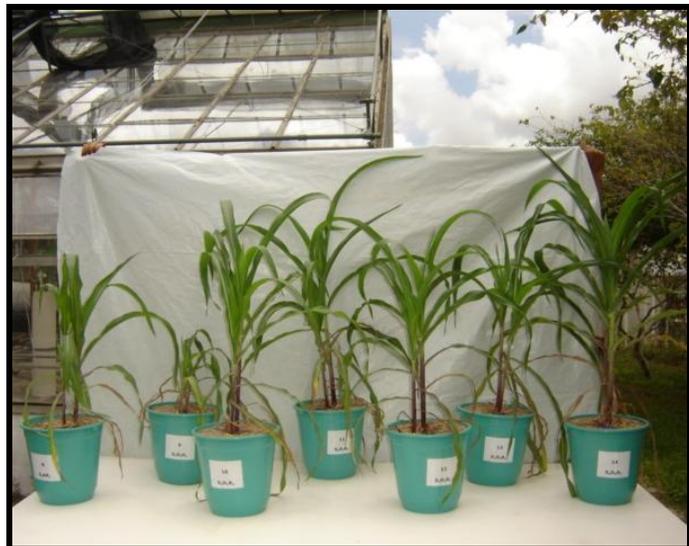
Quadro 7. Equações de regressão ajustadas entre a produção da matéria seca e as doses de lodo têxtil aplicados aos solos utilizados no experimento

SOLO	EQUAÇÃO	R ²
NVdf	$Y=2,525+1,265*X^{1/2}-0,128*X$	0,72 ^{ns}
Eko	$Y=2,552-0,051^{ns} X+0,001* X^2$	0,85*
PVAd	$Y=0,367-0,123^{***}X+0,001^{***}X^2$	0,99 ^{***}

***, *, ^{ns} - significância a 0,1%; 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente. NVdf- NITOSSOLO VERMELHO Distroférico, EKo- ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico e PVAd- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, nd = não detectável.



(a)



(b)



(c)

Figura 3. Matéria seca da parte aérea de milho aos 45 dias no (a) Nitossolo, (b) Espodossolo e (c) Argissolo, com adubação mineral e aplicação de doses de lodo: 0,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 e 80,0 Mg ha⁻¹. (da esquerda para direita)

No Nitossolo, a dose de lodo têxtil que correspondeu a máxima eficiência física foi de 24,46 Mg ha⁻¹ (base seca), relacionada à produtividade de 5,65 Mg ha⁻¹ em massa seca da parte aérea. Porém, segundo Fageria (1997) os lucros da adubação ocorrem entre 90 e 95% da produtividade máxima. No nosso estudo estes percentuais serão obtidos com a aplicação de 8,06 a 11,84 Mg ha⁻¹ de lodo correspondendo a produtividade de 5,09 a 5,37 Mg ha⁻¹, respectivamente. Trannin (2005) aplicando resíduo de fibras e resinas obteve a produtividade máxima (8,19 kg ha⁻¹) com aplicação de 22 Mg ha⁻¹ de resíduo em base seca.

No Espodossolo e Argissolo, as doses utilizadas não atingiram a máxima eficiência física. Diante disso, a maior dose de lodo (80 Mg ha⁻¹) não foi suficiente para atingir a máxima produção, sendo esta (dose) a de melhor desempenho. No Quadro 6 esta produção foi de 7,29 Mg ha⁻¹ no Espodossolo e 2,90 Mg ha⁻¹ no Argissolo. Messias (1997) obteve a maior produção de matéria seca da parte aérea (3,54 Mg ha⁻¹) aplicando 80 Mg ha⁻¹ de lodo crômico, devendo-se considerar a quantidade de nitrogênio neste material (4,30 g kg⁻¹), sendo inferior ao teor deste nutriente no lodo têxtil empregado neste estudo (7,33g kg⁻¹). Neste aspecto, ainda se ressalta o mesmo período para obtenção de matéria seca nos dois trabalhos (45 dias), constatando-se a diferença representada pelos teores de nitrogênio entre os lodos.

A produção de matéria seca, também, foi influenciada pelo nível de acidez e teores de matéria orgânica. Entre os três solos utilizados percebeu-se que o Espodossolo apresentou a maior produção de matéria seca na dose 80 Mg ha⁻¹ (Quadro 6), fator relacionado à menor acidez, devido ao potencial alcalinizante do lodo, onde tal dose representou o maior teor de material orgânico aplicado entre os tratamentos.

A adubação mineral teve uma produção média de 3,65 Mg ha⁻¹, 2,31 Mg ha⁻¹ e 0,49 Mg ha⁻¹ de matéria seca da parte aérea para o Nitossolo, Espodossolo e Argissolo respectivamente, que corresponde à aplicação de 0,98 Mg ha⁻¹, 5,30 Mg ha⁻¹ e 1,65 Mg ha⁻¹ de lodo têxtil nos solos, na mesma ordem.

O teor de N recomendado pelo estado de Pernambuco, equivalente a 90 kg ha⁻¹, correspondeu à dose de lodo de 20,0 Mg ha⁻¹ aproximadamente, porém esta dose não foi suficiente para o milho alcançar ao menos 90% da produtividade no Espodossolo e Argissolo. Porém, Oliveira et al. (1995) aplicando oito doses de lodo de esgoto,

encontraram na aplicação desta mesma dose (20 Mg ha⁻¹) de lodo, uma produção de matéria seca comparável com a obtida na sua fertilização mineral.

As equações de regressão entre alguns atributos químicos do solo e as doses de lodo são apresentadas no Quadro 8. Apenas para o Nitossolo foram calculados os teores dos nutrientes equivalentes à máxima eficiência econômica, face a esta característica não ter sido detectada nos demais solos.

Quadro 8. Equações de regressões ajustadas entre os atributos químicos do Nitossolo e as doses do lodo têxtil

ATRIBUTO	EQUAÇÃO		R ²
	NVdf		
N (g kg ⁻¹)	Y=0,101+0,0010X+0,00002*X ²		0,99***
P (mg kg ⁻¹)	Y=1,833+0,036**X-0,0002*X ²		0,98**
K (cmol _c dm ⁻³)	Y=2,276-0,065°X ^{0,5} +0,030**X		0,99**
Fe (mg kg ⁻¹)	Y=5,539-0,389**X ^{0,5} +0,025*X		0,95*
Zn (mg kg ⁻¹)	Y=0,503+0,007***X-0,00001°X ²		0,99***
Cu (mg kg ⁻¹)	Y=0,036+0,005***X		0,99***

*, **, ***, ° significativos a 5%, 1%, 0,1% e 10%, respectivamente. NVdf- NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico.

De acordo com os dados, entre os teores críticos de macronutrientes (Quadro 9) obtidos pelas equações do Quadro 8, o K apresentou o maior intervalo, 2,33 a 2,41 cmol_c dm⁻³, seguido do P e do N. Nos micronutrientes, a maior amplitude foi do Fe, depois Zn e Cu. Assim, verifica-se que, para este solo haverá maior disponibilidade de K e Fe, para a dose de lodo têxtil correspondente à máxima eficiência econômica.

Quadro 9. Níveis críticos de macro e micronutrientes do Nitossolo correspondentes a 90% e 95% da produtividade máxima

ATRIBUTO	SOLO	
	90%	95%
N (g kg ⁻¹)	0,12	0,13
P (mg kg ⁻¹)	2,11	2,23
K (cmol _c dm ⁻³)	2,33	2,41
Fe (mg kg ⁻¹)	4,63	4,56
Zn (mg kg ⁻¹)	0,56	0,59
Cu (mg kg ⁻¹)	0,08	0,10

4.3 Absorção de Macro e Micronutrientes pelo Milho em Três Solos da Zona da Mata de Pernambuco

Os teores de elementos essenciais no milho após a aplicação das doses de lodo se encontram no Quadro 10. Entre as concentrações de macronutrientes, o P apresentou os maiores teores, seguido do N e K para todos os solos utilizados.

No Argissolo, foram detectadas concentrações mais elevadas de N, P e K na planta, em todas as doses de lodo aplicadas, devido, provavelmente, ao alto teor de matéria orgânica que este solo possui e ao acréscimo desses nutrientes com a aplicação do lodo têxtil.

É válido considerar que, o Nitossolo por possuir baixos teores de N (Quadro 4) e alto teor de argila, correspondeu à menor absorção deste nutriente pela planta (Quadro 10), uma vez que há um indicativo de sorção desse elemento na micela do solo.

Quadro 10. Teores de macro e micronutrientes (Mg ha^{-1}) absorvidos pelo milho com a aplicação de doses de lodo têxtil e, adubação mineral nos solos utilizados

Atributo	Doses de lodo têxtil (Mg ha^{-1})						
	A. M ⁽¹⁾	0	5	10	20	40	80
NVdf							
N (g.kg^{-1})	20,88	16,50	15,60	15,83	20,43	26,25	33,48
P (mg.kg^{-1})	538,97	564,85	518,63	500,15	504,73	438,82	502,11
K (mg.kg^{-1})	6,31	4,50	4,45	3,56	4,55	6,91	6,69
Mn (mg.kg^{-1})	292,40	206,64	197,80	215,48	204,49	260,39	241,28
Fe (mg.kg^{-1})	29,73	48,65	81,76	48,31	81,08	37,84	69,59
Zn (mg.kg^{-1})	41,45	15,66	18,06	18,79	44,65	65,77	78,88
Cu (mg.kg^{-1})	38,82	65,17	28,34	17,73	21,47	42,07	20,85
EKo							
N (g.kg^{-1})	27,65	19,43	20,80	24,40	24,63	30,50	16,90
P (mg.kg^{-1})	528,46	572,82	489,35	500,53	496,06	512,78	539,72
K (mg.kg^{-1})	6,76	2,47	3,93	5,22	4,06	4,43	2,97
Mn (mg.kg^{-1})	247,25	232,20	215,72	222,89	226,71	172,24	191,35
Fe (mg.kg^{-1})	40,54	45,95	76,35	26,35	58,82	78,38	64,86
Zn (mg.kg^{-1})	101,09	42,83	67,95	61,76	65,77	45,38	48,36
Cu (mg.kg^{-1})	15,86	19,60	18,35	21,47	17,73	25,22	16,48
PVAd							
N (g.kg^{-1})	36,78	23,00	35,35	33,03	33,68	39,50	36,95
P (mg.kg^{-1})	529,87	557,50	557,44	547,63	546,51	547,35	530,49
K (mg.kg^{-1})	8,00	9,02	7,85	6,88	8,35	7,78	5,84
Mn (mg.kg^{-1})	289,54	263,26	263,50	279,03	216,20	229,10	233,87
Fe (mg.kg^{-1})	172,97	386,49	372,97	183,78	156,76	321,62	91,89
Zn (mg.kg^{-1})	67,95	59,58	67,95	76,69	53,02	78,88	61,40
Cu (mg.kg^{-1})	13,98	15,23	18,35	27,09	28,96	24,59	18,35

NVdf- NITOSSOLO VERMELHO Distroférrico, EKo- ESPODOSSOLO CÁRBICO Órtico e PVAd- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (1) Adubação mineral

Para os teores de K na planta (Quadro 10) entre os solos, a matéria seca do milho apresentou as menores concentrações do nutriente no Espodossolo, resultado concordante com os baixos valores de K disponível após a incubação (Quadro 4).

Dentre os micronutrientes da matéria seca, o Fe apresentou uma maior concentração na planta no Argissolo (Quadro 10). Este fato, provavelmente, relaciona-se com a maior disponibilidade deste micronutriente no solo, devido à sua elevada acidez que este (solo) possui mesmo após a aplicação das doses de lodo têxtil.

As equações de regressão entre N-P-K absorvido pelo milho e as doses de lodo têxtil aplicadas ao Nitossolo são apresentadas no Quadro 11. Ressalta-se que, as equações foram obtidas apenas para este solo porque somente nele obteve-se máxima eficiência econômica, característica esta não detectada nos demais. Observa-se que para o N obteve-se o melhor ajuste na equação quadrática enquanto, que o P ajustou-se melhor em uma equação linear e o K em uma equação com base raiz quadrada.

Quadro 11. Equações de regressões ajustadas entre o N-P-K absorvido pelo milho e as doses do lodo têxtil aplicadas no Nitossolo

NUTRIENTE	EQUAÇÃO	R ²
N (g kg ⁻¹)	$Y=26,743-7,341^{***}X+1,195^{***}X^2$	0,99 ^{***}
P (mg kg ⁻¹)	$Y=563,542-13,447^{\circ}X$	0,55 [°]
K (cmol _c dm ⁻³)	$Y=16,543-14,221^{\circ}X^{1/2}+4,030^{\circ}X$	0,81 [*]

*, **, ***, ° significativos a 5%, 1%, 0,1% e 10%, respectivamente.

De acordo com os dados, entre os teores críticos de macronutrientes do milho (Quadro 12) obtidos pelas equações do Quadro 11, o P apresentou o maior intervalo, 455,16 a 404,33 mg kg⁻¹, seguido do N e do K. Assim, verifica-se que, para este solo haverá maior disponibilidade de P, para a dose de lodo têxtil correspondente à máxima eficiência econômica.

Quadro 12. Níveis críticos de macronutrientes no milho e doses de lodo têxtil correspondentes a 90% e 95% da produtividade máxima no Nitossolo

NUTRIENTE	SOLO	
	90%	95%
N (g kg^{-1})	45,21	107,35
P (mg kg^{-1})	455,16	404,33
K ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	8,61	15,33

5. CONCLUSÕES

O lodo têxtil foi eficiente na correção da acidez do Nitossolo e Espodossolo principalmente, nas últimas doses.

A disponibilidade dos macronutrientes, na maioria dos solos, foi constatada com o aumento das doses, principalmente na última (dose) 80 Mg ha⁻¹.

O P foi o elemento que apresentou as concentrações mais elevadas na maioria dos solos.

Dentre os micronutrientes, o Fe teve uma maior disponibilidade nos três solos.

A maior produção de matéria seca foi observada no Nitossolo após a aplicação de lodo têxtil.

O Espodossolo apresentou a produção de matéria seca mais elevada, na dose equivalente a 80,0 Mg ha⁻¹ de lodo têxtil.

A produção de matéria seca parte aérea de milho foi superior na última dose 80 Mg ha⁻¹ de lodo têxtil, em relação à adubação mineral recomendada para o estado de Pernambuco, nos três solos.

Os níveis críticos no solo e na planta só foram detectados para o Nitossolo.

No solo, dentre os nutrientes, o K e o Fe apresentaram maiores intervalos correspondentes aos percentuais da máxima eficiência econômica

Nos teores de macronutrientes, a parte aérea do milho no nitossolo acumulou as maiores concentrações de N, K e P.

Entre os micronutrientes, o Mn obteve o maior teor no tecido vegetal, na maioria das doses de lodo, nos três solos.

Nos níveis críticos calculados para o milho, no Nitossolo, o P obteve o maior intervalo, compreendidos entre 90 a 95 % da máxima produtividade, seguidos do K e N.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR et al. Condutividade elétrica e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v.24, n. 3, p.635-647, 2000.

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.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. n. 24, p.927-938, 2000a.

ANJOS ,A.R.M.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em Latossolos repetidamente tratados com biossólidos. **Scientia Agrícola**. n.57, p. 769-776, 2000b.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Aterros de Resíduos Perigosos**: Critérios para projeto, construção e operação. NBR. 10.157, São Paulo, 1987b. 22p.

BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.737-744, 1999.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo, Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais.** Brasília, Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 1983. 104p.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO DE PERNAMBUCO. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação.** Recife. IPA. 1998. 198p.

CONCHON, J. A. Solução para o lodo industrial. **Revista Textília**, n.18, p.66, 1995.

CONCHON, J. A. Tratamento de efluentes na indústria têxtil. **Revista Base Têxtil**, n.123, p.1-6. 1999.

CPRH/FNMA. **Inventário estadual de resíduos sólidos industriais.** Pernambuco. Recife, 2003. 174p.

CRUZ, E.R. et al. Fertilidade do solo manejado com biossólido e água residuária. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. 25.,2002. **Anais.** Rio de Janeiro, SBCS, 2002. CD-ROM

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212p.

ERNANI, P. R. **Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo.**1981.85f. Dissertação (Mstrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Port Alegre,1981.

FAGERIA, N. K; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed. ver. New York: Marcel Dekker, 1997. 656p.

FERNANDES, F.; PIERRO, A. C.; YAMAMOTO, R. Y. Produção de fertilizante orgânico por compostagem de lodo gerado por estações de tratamento de esgotos. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.5, 1993. 27p.

FERREIRA, M.E., CRUZ, C. P. Simposio de Micronutrientes na Agricultura. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, p.219-242,1991.

FERREIRA, M. E. et al. **Microelementos e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPQ/ FAPESP/ POTAFOS, 2001 a. 600p.

GIANELLO et al. Descarte no solo de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria metal-mecânica. In: FERTIBIO 2000, **Anais...** . Santa Maria : UFSM, 2000a.

GIANELLO, C. ; TEDESCO, M. J. ; CAMARGO, F. A. O. . Avaliação da disponibilidade do nitrogênio do solo estimada por métodos químicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa - MG, v. 24, n. 1, p. 93-102, 2000b.

GOBBI et al. Efeitos da aplicação de lodo de esgoto e de resíduo petroquímico no cultivo do milho do Estado do Pará. **Acta Scientiarum**. v.20, n.4, p-437-443, 1998

GUEDES. M. C.; PONGGIANI,F. Dados preliminares sobre nutrição de eucalipto cultivado com lodo de esgoto (Biossólido). In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1999, Piracicaba.**Anais...** Piracicaba:IPEF/ESALQ-USP,1999,P.1-26.

JORDÃO, E. P. Gerenciamento de Resíduos Industriais. In: Seminário de Transferência de Tecnologia, 3, **Anais**, Rio de Janeiro, p.2-50, 1995.

KAUSHIK, P.; GARG,V.K. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. **Bioresource Technology**, New York, v. 90, p. 311-316, 2004.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p.78-82., 2002.

LORA, E.S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte** Brasília, DF, p.442-444. ANNEL, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. São Paulo. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 256p., 1997

MANDELLI, S. M. de C.; LIMA, L. M. Q.; OJIMA, M. K. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. Caxias do Sul, Universidade de Caxias do Sul, p.170-171, 1991.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E. ; CRUZ, M. C. P. da ; BARBOSA, J. C. Mineralização de nitrogênio em solo adubado com composto de lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais....** Ribeirão Preto: (sn), 2003.

MATTIAZZO et al. Alterações em atributos químicos de um latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 529-538, 2002.

MELLO et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo : Nobel, 400p., 1983.

MESSIAS, A. S. **Uso Agronômico de resíduo crômico industrial: um estudo de caso**. São Paulo: USP-EESC/CRHEA (Tese de Doutorado), p. 28 e 212, 1997.

MESSIAS, A. S. **Reaproveitamento agronômico de um lodo proveniente de indústria têxtil**. Recife: s.ed., 1998. 85 p.

MESSIAS, A. S., MANZI, J. T., LEITÃO, J. S., OLIVEIRA, S., SILVA, R. C. R. Influence of the textile waste in the microbial biomass of coils with diferents textures In: IASTED2002, 2002, Calgary. **Proceedings of IASTED2002.** , v.1. p.54 – 60, 2002b.

MESSIAS, A. S., OLIVEIRA, S., SILVA, R. C. R., TAVORA, B. E., LEITÃO, J. S. Comportamento de micronutrientes do lodo têxtil no perfil de solos do estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Química & Tecnologia.* , v.1, n.2, p.25 - 31, 2003.

MESSIAS, A. S. **Fertilizantes orgânicos.** Recife: UNICAP, p. 5-17. 1993.

NASCIMENTO, C.W.A. Acidez potencial estimada pelo pH SMP em solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3. p.679-682.2000.

OLIVEIRA et al. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo. **Scientia Agrícola.** Piracicaba, n.52, v. 2, p. 360-367, 1995.

OLIVEIRA et al. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um LATOSSOLO AMARELO Distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** n.26, p. 505-519, 2002.

PORRAS, A. C. **Tratamento de efluente têxtil e lodo gerado em um sistema de lodos ativados por batelada com adição de carvão ativado em pó.** Campinas, SP: [s.n.], 2002 (Dissertação de Mestrado).

PRADO, R. M.;NATALE, W. Efeitos da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo no solo, no estado nutricional e na produção da matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura.** Jaboticabal – SP, v.26, n.1, p. 140-144, 2004.

ROCCA, A. C. C.; IACOVONE, A. M. M. B.; BARROTI, A. J.; et al. **Resíduos sólidos industriais**. – 2. ed. rev. ampl. – São Paulo: CETESB, 233 p. , 1993.

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, 1993.

ROSS, S. M. **Toxic metals in soil-plant-systems**. New York, John Wiley e Sons, 1994, 469p.

SCARLATO, F. C.; PONTIN, J. A. **Do nicho ao lixo**: ambiente, sociedade e educação. São Paulo, Atual, p.1-8; 51-62. 1992.

SILVA, E. P. Avaliação do teor de metais pesados e do potencial de uso de lodo de esgoto de indústria têxtil como fertilizante agrícola. **Dissertação** (Mestrado), Fortaleza, 2001

SILVA, E. P. da.; MOTA, S.; AQUINO, B. F. de. Potencial de utilização do lodo de esgoto de indústria têxtil como fertilizante agrícola. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.. 8, n. 2 - abr/jun 2003. p.69-76.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agromica para o biossólido produzidos 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. da. Dinâmica de nutrientes em três solos do Estado de Pernambuco tratados com biossólido. Recife: PE, 60p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.

TOMLIN, A.D. et al. Relationships amongst organic matter content, heavy metal concentrations, earthworm activity and soil microfabric on a sewage sludge disposal site. **Geoderma**, v.57, p.89-103.1993.

TRANNIN, I. C. de B., SIQUEIRA, J. O., MOREIRA, F.M. S. Avaliação agronômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.261-269,2005.

TRINDADE, A. V. ; GOMES, J. C. ; SANTOS, J. A. G. ; ANDRADE, A. M. M. . Efeito residual de biossólidos de origem industrial sobre solo e planta. In: FERTBIO 2000 (XXIV REUNIÃO BRALISEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS), 2000, Santa Maria. Fertbio 2000. Santa Maria : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. cdrom.